

LULUCF 分野における排出・吸収量の算定方法について (森林等の吸収源分科会)

I. 2020 年提出インベントリに反映する検討課題

1. バイオ炭の計算 (条約 4.B 等)

(1) 課題

バイオ炭は、IPCC の第 5 次評価報告書において GHG 削減策 (緩和策) として可能性がある技術の一つとして記載されており、国内でも緩和策としてその効果を期待する意見がある。その一方、2006 年 IPCC ガイドラインでは算定方法に関する記載はなく、国内の農地土壌の炭素蓄積変化の算定においても、バイオ炭由来の排出・吸収量は含めてこなかった。

バイオ炭の算定については、平成 29 年度から令和元年度の 3 ヶ年に渡り「バイオ炭の活用による吸収源検討会 (バイオ炭検討会)」(環境省)において、バイオ炭の製造・利用過程における GHG の排出量・削減効果に関する科学的知見の現状と課題を整理するとともに、バイオ炭の農業利用に伴う炭素貯留量の算定に向けた検討を行った。

また、同検討会と時期を同じくして、IPCC では 2019 年改良 IPCC ガイドラインにおいて、新たにバイオ炭に係る算定方法 (biochar amendments to soils) が提示された。

(2) バイオ炭検討会での検討状況

1) 算定対象とするバイオ炭

バイオ炭は様々な原料から作成されているが、緩和効果のポテンシャルやデータの入手可能性を踏まえ、「第一群：白炭・黒炭・竹炭・粉炭・オガ炭」、「第二群：もみ殻くん炭・鶏糞炭」、「第三群：第一群、第二群以外のバイオ炭」の 3 グループに分け検討が進められた。最終的に、第二・三群のバイオ炭に関しては、炭化量及び炭化後の土壌投入量に関する統計データがなく算定を正確に実施することが困難であるとして、まずは第一群のみで算定を行う方針とした。

2019 年改良 IPCC ガイドラインでは、家畜糞尿やもみ殻、稲わらに係るデータも提示された。正式な IPCC デフォルト値ではないものの、活動量データさえ入手できれば、技術的に算定は可能である。わが国においては鶏糞炭やもみ殻くん炭等の製造・使用実態があることから、活動量データの整備については今後の課題となる。

2) 方法論

最終的に 2019 年改良 IPCC ガイドラインで方法論が提示されたことから、その方法論に合わせた形で算定を行う事となった。同方法論で示されている Tier 1 の標準算定式は、農地・草地の鉱質土壌に対応するものであり、土壌に投入されたバイオ炭に含まれる炭素量から、投入後 100 年間に分解・排出される炭素量を差し引いた量を炭素固定量として計上する計算式となっている。投入後の分解による排出量は毎年算定を行うのではなく、投入時に 100 年後残存率を乗ずることで、そもそも炭素貯留量から控除する形としている (式 1)。

式 1 2019 年改良 IPCC ガイドラインにおける算定式

$$\Delta BC_{Mineral} = \sum_{p=1}^n (BC_{TOTp} \cdot F_{Cp} \cdot F_{perm_p})$$

BC_{TOTp} : 当該年に鉱質土壌に投入されたバイオ炭の量 [t-C/yr]
 F_{Cp} : タイプ p のバイオ炭の炭素含有率 [t-C/t-d.m]
 F_{perm_p} : タイプ p のバイオ炭の 100 年後残存率 [t-C/t-C]

3) バイオ炭の 100 年後残存率

バイオ炭検討会では当初、第一群のバイオ炭について、一般社団法人全国燃料協会の資料「木炭の規格」に各木炭の「固定炭素率」が示されていることから、これを式 1 における炭素含有率と 100 年後残存率の積に該当する値として適用する方向で検討が進められた。しかし、この「固定炭素率」は JIS の分析法に基づいてバイオ炭の全質量から水分・灰分・揮発分を差し引いて求めたもので、必ずしも長期間の残存率について調査や実測の結果が反映された値ではないことが判明した。そのため、最終的に 100 年後に残存する炭素の割合として用いることができるか十分な確証がないとして、2019 年改良 IPCC ガイドラインのデフォルトデータを用いることとした。なお、竹炭については、国内の調査データが得られたことから、国独自のデータを用いることとした。ただし、この固定炭素率は実態よりも低すぎるといふ指摘もあることから、より適切な値が得られた場合には更新も視野に入れる。

2019 年改良 IPCC ガイドラインでは、バイオ炭の炭素含有率は、原材料及び熱処理プロセス別（熱分解とガス化）、炭素残存率は焼成温度に応じて設定されている。適用した係数は下表の通り。

表 1 バイオ炭の炭素含有率と炭素残存率の設定

種類	焼成温度の設定	炭素含有率*1		炭素残存率*2	
白炭	約 800℃ (精練土 0~3 度) *3	0.77	木材の熱分解のデフォルト値	0.89	>600℃のデフォルト値
黒炭	500~800℃ (精練土 2~8 度) *3			0.89	>600℃のデフォルト値
粉炭	450℃*4			0.8	450-600℃のデフォルト値
オガ炭	800℃*5			0.89	>600℃のデフォルト値
竹炭	南雲ら(2014) ¹ のデータを利用	0.436 (炭素含有率と炭素残存率を包含した値に対応)			

*1: 2019RM Table 4A.1,

*2: 2019RM Table 4A.2

*3: (一社) 木材燃料協会の「木炭の規格」に準じて設定。

*4: 主要製造業者 12 社にヒアリングを行ったところ、炭窯、機械炉、平炉によって製造しており、焼成温度も 450℃ ~ 800℃ と幅があることが明らかとなった。貯留量の過剰推計を防ぐ観点から 450℃ として設定。

*5: 主要製造業者 2 社のヒアリング結果に基づく。いずれも 800℃ 以上の温度で製造していることが明らかとなった。

4) 農業用バイオ炭における輸出入の扱い

○海外との輸出入分

財務省「貿易統計」上ではバイオ炭の輸出入の実績があるものの、燃料用バイオ炭が中心であり農業用バイオ炭の輸出入はほとんどないと考えられるため、輸出货量はゼロと設定する。また、輸入されたバイオ炭の農地施用量も算定では考慮しないこととする。

○国産材比率

¹ 南雲俊之・安藤真奈実・森智郁 (2014) 竹炭の成分組成から見た土壌改良資材としての特徴. 日本土壌肥料科学雑誌. Vol. 85 (1) , 37-42pp.

白炭・黒炭・竹炭については、輸入原料でバイオ炭を製造することはなく、国産材に限られる。粉炭・オガ炭（農業用以外も含む）は、その原料として部分的に外国産原料が使用されているものの、農業用粉炭主要製造業者 12 社、農業用オガ炭主要製造業者 2 社へのヒアリングでは外材の使用は確認されなかった。よって算定対象であるバイオ炭に外国産原料は使用されていないと整理する。

5) 農業用バイオ炭の土壌施用量の推定

○飼料等の用途の控除

一部のバイオ炭は、飼料等の用途向けに利用されており、農地施用には用いられていない。有識者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、その割合が今後減る見通しもないことから、生産量（農業用）の 95%を農地土壌への投入量とすることとした。

○土壌タイプ別投入量（鉱質土壌と有機質土壌に切り分けた投入量の把握）

2019 年改良 IPCC ガイドラインの標準算定式は農地・草地の鉱質土壌のみに対応しており、それ以外の土地利用や有機質土壌への施用については十分な知見がないことから高次 Tier のみでの対応となっている。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投入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（単位面積当たりの投入量）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、土壌タイプ別の投入量を把握する（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、我が国においても当該分野における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ている）。

以上の検討に基づき、活動量となる農地土壌へのバイオ炭投入量は式 2 にて求められる。

式 2 農地土壌へのバイオ炭投入量

$\begin{aligned} & \text{農地土壌へのバイオ炭投入量}[t - d. m/yr] \\ & = \text{バイオ炭の農業用生産量}[t - d. m/yr] \times \text{農地土壌投入率}[\%] \\ & \times \text{鉱質土壌面積比率}[\%] \times \text{国産材比率}[\%] \end{aligned}$
--

(3) 対応方針

1) 排出・吸収量の算定

バイオ炭検討会の検討内容を踏まえて、GHG インベントリの反映に向けて 1990 年からの時系列データを構築して、吸収量（炭素貯留量）の算定を実施する。

時系列データの作成には、農林水産省「特用林産物生産統計調査（前 特用林産物需給表）」に掲載されている木炭等生産量のうち、用途区分が「農業用」の値を使用したが、一部年次では、データが欠損していることから、据え置き、内挿、案分等で対応した。図 1 の様にバイオ炭の農地施用量の大半は粉炭由来であり、粉炭はほぼ全年度でデータが入手できることから、欠損データの補完手法が全体的な吸収量計算に与える影響は軽微である（粉炭は 1990～1992 年のデータが欠損しているため、これらの 3 ヶ年については、一律 1989 年と 1993 年の平均値を利用した）。

バイオ炭の農地土壌投入による、炭素蓄積効果は、0.5～4.5 万 t-CO₂ の吸収となった。時系列的には、90 年代後半をピークに、バイオ炭の農地施用量が減少傾向にあることから、吸収量が漸減の傾向となっている（図 1、図 2）。

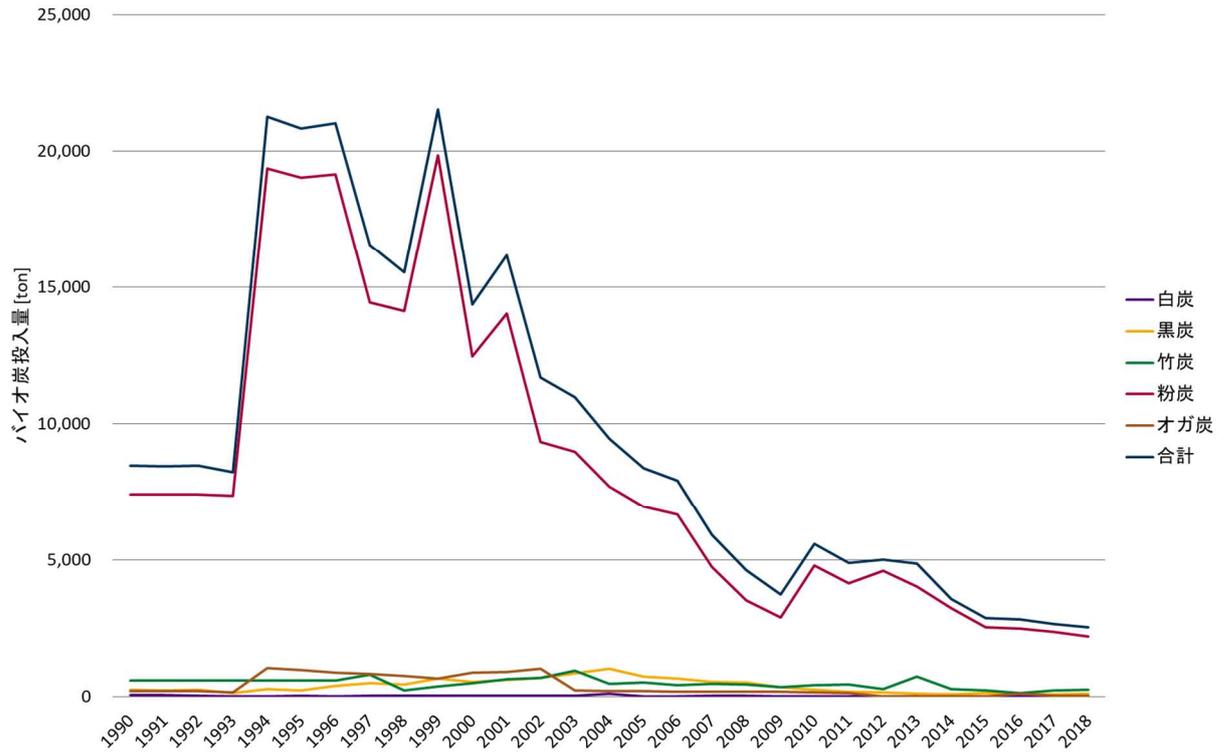


図 1 バイオ炭の農地投入量

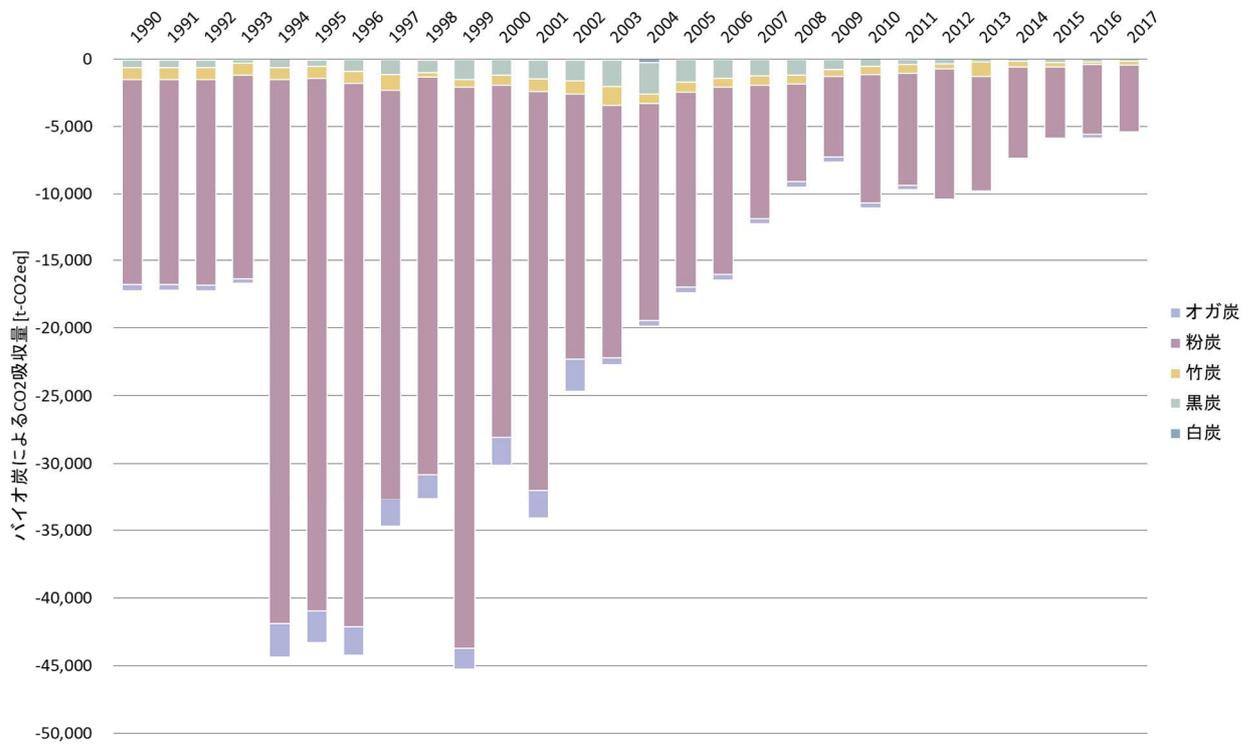


図 2 バイオ炭の農地炭素蓄積量（吸収量に相当）

2) インベントリ報告上の整理

○報告箇所

推計値の通り、バイオ炭由来の純排出吸収量の規模は0.5～4.5万tCO₂程度で、現在の農地鉱質土壌炭素ストック変化で報告している数百万tCO₂レベルと比較すると、かなり少量である。国内的にはバイオ炭の炭素貯留量を分離して寄与度を表記するが、国連報告においては農地の鉱質土壌に含めて報告を行う。

なお、バイオ炭の分解量は焼成温度に依存することから、バイオ炭検討会では農耕地施用総量に基づく排出量の推計のみを行った。一方、現在農耕地は、水田、普通畑、樹園地、牧草地の4地目でインベントリ報告を行っている。地目別バイオ炭施用の情報は特に得られない助教であることから、当面は、報告を簡易化するため、普通畑に追加する形での報告とする。

○京都議定書報告での対応について

京都議定書報告は、事前に算定に使う IPCC ガイドラインが CMP 決定により定められており、2019年改良 IPCC ガイドラインは、第2約束期間の報告に用いる IPCC ガイドラインには含まれていないことも踏まえ、バイオ炭の推計結果は、全国値のみ条約インベントリ報告を行い、京都議定書3条4項活動の下での報告は行わない。

2. 単年生作物の転用前後のバイオマス量（条約4.B.2、4.A.2.1、4.C.2.2～4.F.2.2、議定書AR、D）

(1) 課題

土地利用変化が生じる際は、転用前の土地に存在していたバイオマスが転用年に損失し、また転用後にバイオマスが存在する場合には、転用後にその平均ストック量までの増加分を計算する。

土地転用時のバイオマス炭素ストック変化の算定

$$(\text{炭素ストック変化量}) = \{0 - (\text{転用前の土地のバイオマス量})\} + (\text{転用後のバイオマス成長量})$$

我が国では、農地の単年生作物作付地がその他の土地利用に転換する場合、土地転用時には作物収穫後でありバイオマス量がゼロの時点から転用が生ずる、転用で農地が新たに作られた場合も、転用後の単年生作物の増加量は結局収穫に伴いゼロに戻り、炭素ストックがその土地に蓄積するものではない、という整理に基づき、転用前後のバイオマス量はゼロを用いて推計を行っている（2008年度算定方法検討会）。

一方、土地転用時直前、直後の単年生作物のバイオマス量は確かにゼロであるが、年間通じて考えると単年生作物作付地のバイオマス量はゼロという訳ではなく、常にゼロである裸地等とは異なると考えられるのではないかと、という意見もある。

2006年 IPCC ガイドラインにおいては、1996年改訂 IPCC ガイドラインに掲載されていた管理地の放棄の放棄後バイオマス量のデフォルト値である10t-d.m./haという数値に起因する5t-C/haというバイオマス成長量の値が存在しており、2018年提出インベントリに対する審査において、ERTの意見としては2006年 IPCC ガイドラインにおけるデフォルト値を使うべきと考えている、との意見が出され、我が国が利用している、国独自の値の「0」という値を用いる理由を明確にするか、デフォルト値を利用すべきという形で指摘がなされている。

(2) 対応方針

1) 考え方

IPCC ガイドラインには、単年生作物のバイオマスストック量の設定についての特別なガイダンスはないことから、以下の様な考えで整理し、作物残渣のすきこみ時の炭素量を、単年生作物栽培地の土地転用前後で用いる炭素量とする。

- ・ 収穫部位については、吸収も排出も算定しておらず、また系外に持ち出されるものであり、土地としての炭素蓄積には寄与していない。
- ・ 作物残渣のうち、持ち出し分、焼却分（ガス化された部分）についても、その土地の炭素蓄積には寄与しない。
- ・ 作物残渣のうち、すきこみ分は土地の炭素動態に関係。単年生作物の栽培を行う故に発生する炭素量。

2) 設定方法

農業分野の作物残渣（3.D.a.4）において、作物残渣の農用地の土壌へのすき込みに伴う N₂O 排出の算定が行われている。この際の、窒素投入量の算定の段階で、すき込みされる作物残渣の乾物重が求められる。作物残渣すき込み量の計算方法概要と、そこから求められるすき込み残渣中炭素量は下記の通り。炭素含有率は Roth C 算定と同様に 0.4 を用いた。

表 2 作物別の作物残渣すき込み量の算定方法とすき込み残渣中炭素量

作物	残渣量算定方法	すき込み残渣量 (t-C/ha/yr)
稲	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地上部：稲わら・もみ殻の発生量データのすき込み分 ・ 地下部：生産量を乾物重換算し地下部残渣比率を乗ずる 	1.8~2.3
野菜類、てんさい、さとうきび	<ul style="list-style-type: none"> ・ 生産量に国内文献等から設定した残渣比率、乾物率を乗じて残渣量を把握 ・ 持ち出し分、焼却でガス化された分を控除 	野菜・てんさい 0.1 さとうきび 0.4~0.5
飼肥料作物	<ul style="list-style-type: none"> ・ 残渣量は 2006GL の方法に応じた収穫量からの一次式で把握 ・ 緑肥用は毎年地上部地下部全量すき込み ・ 飼料用は草地更新頻度に応じて地下部全量すき込み ・ 牧草は牧草地に含まれると整理して単年生作物対象から除外 	肥料用 12~21 飼料用 0.2 (更新頻度で均した値)
麦類、とうもろこし、豆類、いも類、その他作物	<ul style="list-style-type: none"> ・ 残渣量は 2006GL の方法に応じた収穫量からの一次式で把握 ・ 持ち出し分、焼却でガス化された分を控除 	麦類 3~5 豆類 1.5~3 いも類 1.5~2.5
茶	※木本生作物として整理しているため、今回の算定には含めない	

作物残渣量は収穫量に応じて変化する計算になっていることや、主要作物の残渣除去率については、経年的な変化を反映していることから、単位面積当たりの残渣量については経年的な変動が生ずる。また、作物別にも差があるが、単年生作物栽培地の土地利用変化は、「田」もしくは「畑」の変化面積として把握することが最も細かい単位の面積把握方法であることから、田畑別、及び田畑合計の値を、1990~2017年の作付面積加重平均で求めることにする。

その方法に基づくバイオマス量設定値は、田については 2.0 t-C/ha、畑については 1.3 t-C/ha、田畑を区別しない場合は 1.7 t-C/ha となる（表 3、図 3）。

表 3 作物別の作物残渣すき込み炭素量と加重平均値

項目	作物	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	
炭素量	稲	t-C/ha	1.8	1.9	2.2	2.2	2.0	1.9	2.0	
	野菜	t-C/ha	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
	てんさい	t-C/ha	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	
	さとうきび	t-C/ha	1.2	1.3	1.2	1.1	1.2	1.0	1.1	
	肥料用作物	t-C/ha	21.4	18.1	16.5	14.8	13.9	12.6	12.4	
	飼料用作物	t-C/ha	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
	その他	t-C/ha	1.4	1.3	1.4	1.5	1.2	1.5	1.5	
作付面積	稲	ha	2,055,000	2,106,000	1,763,000	1,702,000	1,625,000	1,505,000	1,465,000	
	野菜	ha	620,100	564,400	524,900	476,300	465,400	448,900	444,100	
	てんさい	ha	72,000	70,000	69,200	67,500	62,600	58,800	58,200	
	さとうきび	ha	32,800	24,100	23,100	21,300	23,200	23,400	23,700	
	肥料用作物	ha	25,570	39,087	69,360	71,809	63,178	62,596	60,356	
	飼料用作物	ha	179,400	147,224	130,540	114,441	119,102	116,754	118,816	
	その他	ha	947,825	644,112	690,977	708,129	690,279	690,370	690,964	
炭素量	田	毎年	t-C/ha	1.8	1.9	2.2	2.2	2.0	1.9	2.0
		1990-2017平均	t-C/ha	2.0						
	畑	毎年	t-C/ha	1.1	1.1	1.5	1.5	1.3	1.4	1.3
		1990-2017平均	t-C/ha	1.3						
	田畑全体	毎年	t-C/ha	1.4	1.6	1.9	1.9	1.7	1.7	1.7
		1990-2017平均	t-C/ha	1.7						

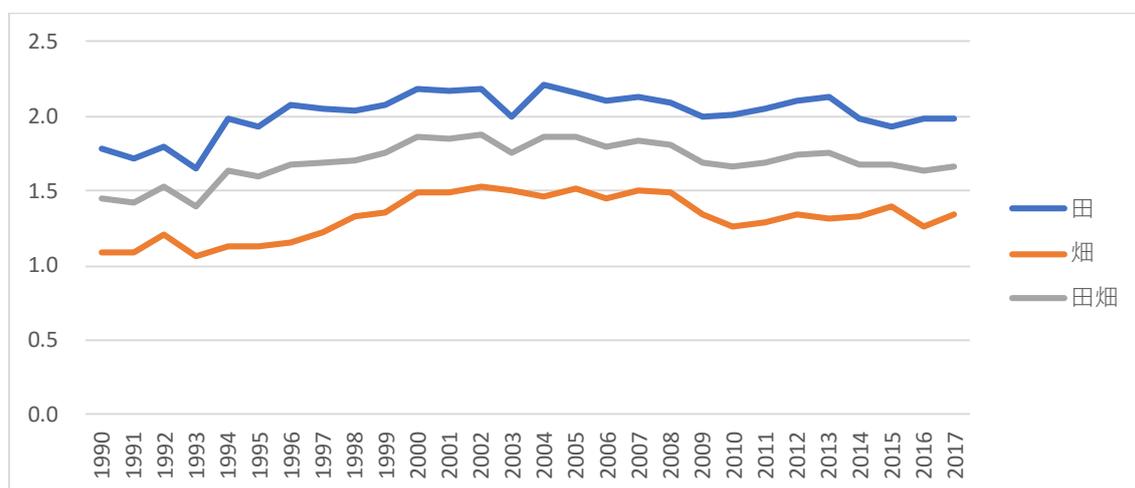


図 3 すき込み炭素量 (t-C/ha)

(3) 報告及び排出・吸収量への影響

単年生作物のバイオマス量を設定する場合、農地への転用(4.B.2)、及び議定書D報告において、転用後のバイオマス成長の加算に伴い若干の吸収量増加、農地からその他の土地への転用(4.A.2.1、4.C.2.2~4.F.2.2)、及び議定書AR報告において、転用前のバイオマス損失の加算により若干の排出量増加となる。

再計算の規模感としては、転用された農地において0.2~3万t-CO₂の吸収量増、農地からの転用において5.8~17万t-CO₂の排出増となる。京都議定書報告においてはAR活動の下で数千t-CO₂の排出、D活動の下で数千t-CO₂の吸収が新たに報告される。

表 4 単年生作物バイオマス量の設定に伴う再計算結果

	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
田への転用面積	kha	0.2	0.5	0.4	0.6	2.0	1.1	0.2	0.1	0.1	1.9	1.3	0.1	0.2	0.2
畑への転用面積	kha	4.1	2.2	2.4	1.0	0.9	0.8	0.6	0.5	0.6	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2
新たに算定される吸収量	kt-CO2	-21.3	-14.6	-14.3	-8.8	-19.0	-12.1	-4.2	-3.1	-3.7	-16.7	-11.5	-1.7	-2.4	-2.4
田からの転用面積	kha	16.1	15.6	16.6	15.8	15.2	14.7	14.6	14.9	14.4	14.7	12.6	10.7	10.2	9.1
畑からの転用面積	kha	8.1	8.1	7.7	7.2	7.3	7.1	6.5	5.8	5.5	5.1	4.7	4.4	3.9	3.2
新たに算定される排出量	kt-CO2	168.1	164.9	170.0	161.0	156.4	151.7	147.6	145.3	139.7	139.8	121.5	105.4	99.2	86.5

	単位	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
田への転用面積	kha	0.5	0.3	1.7	0.6	0.2	0.1	0.2	0.2	3.8	3.8	2.9	1.3	0.6	3.3
畑への転用面積	kha	0.6	0.5	0.5	0.7	1.0	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	1.5
新たに算定される吸収量	kt-CO2	-6.5	-4.9	-15.0	-8.1	-6.7	-3.5	-3.6	-4.0	-30.7	-30.3	-23.5	-11.7	-6.4	-31.7
田からの転用面積	kha	9.5	12.1	9.2	8.8	9.4	7.0	6.0	19.3	6.3	5.1	6.8	6.4	8.1	6.5
畑からの転用面積	kha	3.5	3.0	4.5	4.5	4.6	3.8	3.6	4.4	3.2	3.2	3.9	3.6	3.4	3.9
新たに算定される排出量	kt-CO2	91.5	107.5	96.1	93.1	97.2	75.1	66.6	168.8	65.6	57.5	73.8	69.0	80.6	71.9

	単位	2013	2014	2015	2016	2017
AR活動の下で報告される排出分	kt-CO2	2.6	2.6	0.9	0.9	0.2
D活動の下で報告される吸収分	kt-CO2	-2.0	-2.2	-1.8	-1.9	-1.0

3. 荒廃農地（耕作放棄地）の炭素ストック変化（条約 4.B）

(1) 課題

荒廃農地面積は、平成 29 年現在全国で約 28.3 万 ha であり、うち再生利用が可能な荒廃農地が 9.2 万 ha、再生利用が困難と見込まれる荒廃農地が 19.0 万 ha、実際に再生利用された荒廃農地は 1.1 万 ha となっている（農林水産省調査）。

耕作放棄地は GHG インベントリの土地区分では、農地の下の特別な土地区分として扱っており（面積は農林業センサスの約 40 万 ha 値を利用）、排出・吸収量動態については十分な知見がなく排出・吸収量は未推計状態である。

(2) 検討状況

Shimoda and Wagai (2019)²により、西日本の水田耕作放棄地（放棄後 2～37 年経過）37 カ所のペアサンプリングによる、耕作放棄後の炭素動態に関する論文が発表され、以下の様な取りまとめがなされている。

- ・ 耕作放棄地の炭素量が増加しているか減少しているかは、耕作放棄後の植生からの炭素インプット量とリター及び土壌の微生物分解の炭素バランスで決まる。
- ・ 水田耕作放棄地では、雑草管理、農村景観の保全、再耕作準備等を目的として、雑草が繁茂しない様な管理や草刈り、場合によっては湛水等の管理が行われていることも多い。
- ・ 地上バイオマス量は、凡そ 2～8 t-C/ha 程度の量となるが、放棄後の年数との関係性が薄い。セイタカアワダチソウが占有する場合は、原生種が侵入する場合に比べて若干炭素量が多くなる。
- ・ 地表面のリター量は、耕作放棄後に繁茂した植物からの共有を受け、放棄後の年数に応じて炭素量が増加する傾向がある。増加量は、原生種の方がセイタカアワダチソウよりも大きな傾向

² Shimoda, S. & Wagai, R. Ecosystem Dynamics After Abandonment of Rice Paddy Fields: Does Alien Plant Invasion Enhance Carbon Storage? *Ecosystems* (2019). <https://doi.org/10.1007/s10021-019-00426-1>

があった。

- ・ 稲作は元々、他の農業利用に比べ炭素量が多く、定期的な湛水環境にいたところが、湛水状況がなくなることから、初期に貯留されてきた炭素の分解が生ずる。そのため、地下バイオマスと土壌プールについては、耕作放棄後の当面は炭素量が減少傾向にある。なお、単年あたりの減少量は徐々に減少し、放棄後 15～17 年程度で炭素増加傾向に転ずる。
- ・ 生態系全体としての炭素量は、耕作放棄後の占有種にはあまり関係しない結果となった。年間の炭素変化量は、およそ線形のスプラインモデルで近似される。放棄後の最初の 15 年ほどで炭素量が 12%程度減少した後増加に転じ、その後 20 年間で初期の炭素量より 7%程より増加した量まで炭素量が増える。耕作放棄地の炭素量が最大 (10 t-C/ha) となるのは、耕作放棄後 30 年がたった後であった。

(3) 対応方針

現状、耕作放棄地は統計情報・調査から「総面積」「新たに耕作放棄された面積」「再生された面積」「再生可能と考えられる面積」を把握することは出来るが、耕作放棄からの経過年数に応じた面積の把握は難しく、経過年数に応じた炭素ストック変化の算定は難しい状況である。

一方、Shimoda and Wagai (2019) の論文により、耕作放棄前の炭素ストック量が多く、初期は排出が卓越する状態であっても、いずれ元の炭素量よりは多い状況に到達するという知見が得られており「耕作放棄地は全体で見れば排出源にはならない」という知見としては活用が可能と考えられる。

緩和策として、耕作放棄を推進するものでもないことから、当面、上記の様な説明で対応する。

4. 開発地への転用時の有機質土壌からの排出 (条約 4.E.2、議定書 D 等)

(1) 課題

有機質土壌地が開発地に転用された場合、転用後の排出は生じないとして報告している。2018 年審査において、酸化が生じていれば排出になるはずで、排出が生じていないとする方法について、より明解な説明を行う様に指摘された。

(2) 検討状況

審査の指摘を踏まえて、国内の文献調査や、関係者へのヒアリングを実施した。泥炭土は、軟弱地盤であり、高含水比、高間隙比、高圧縮性を有する特性があり、初期に発生する間隙からの脱水による一次圧密が生ずるほか、その後時間の対数に比例して生ずる二次圧密が続くことなどが知られている。泥炭性軟弱地盤対策としては、多くの対策工法があるが、それぞれの現場の条件に合致した適切な工法を選定することが強く推奨されている。

住宅等の建造物は、地盤改良等や軟弱地盤の除去等による沈下が起こらないように施工される。道路の施工については、最新の「泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル (平成 29 年 3 月)」(国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所) によれば、現在、泥炭性軟弱地盤における道路の施工は、建設費と維持管理費のライフサイクルコストを最小化する狙いから「供用後の残留沈下をある程度許容し、維持補修を行いながら供用する方法を標準としている」としており、当面、盛土中央部における供用開始後 3 年間の許容残留沈下量の目標値を 10cm 程度 (市街地の一般盛土区間、高規格盛土区間、橋梁等の構造物との接続盛土部) ～30cm 程度 (郊外地の一般盛土区間) としている。な

お、盛土開始前からの累積沈下量は、実測及びモデル計算共に 4~5m 単位に及んでいる^{3,4}。

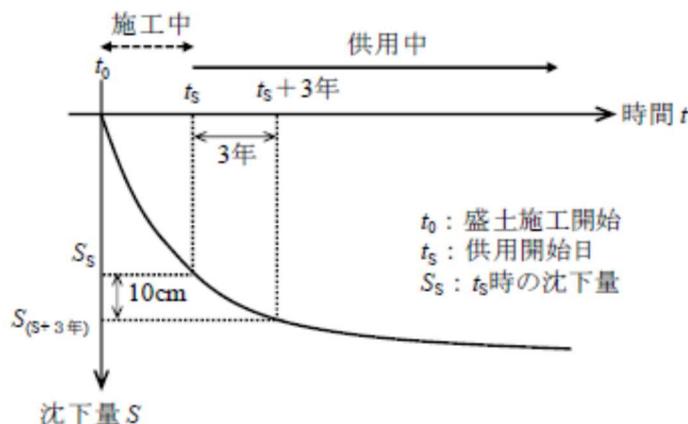


図 4 (参考) 道路盛土の残留沈下量の考え方

(出典)「泥炭性軟弱地盤における道路盛土の許容残留沈下量に関する検討」第 31 回日本道路会議、(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 林 宏親、林 憲裕

泥炭地が人為的に利用された際に起きる地盤沈下は複合的な要因で起こることから、CO₂ 排出に繋がる有機物分解の寄与度の学術的な知見は非常に限られており、宮地ら (1995)⁵は泥炭地が畑に転換された後の地盤沈下に対する泥炭分解の寄与度は 30%と推計している。開発地に転用された後の CO₂ 排出に繋がる寄与度に関しては、国内外の研究調査において、ある程度の知見があるが、今回 CO₂ 排出の実態に即した係数を設定するだけの取りまとめには至らなかった。

(3) 対応方針

2006 年 IPCC ガイドライン (2006GL) の開発地及び、更新版の係数を提供している 2013 年の湿地ガイドライン (2013WLSL) では、開発地の有機質土壌からの排出の計算方法は以下のように説明されている。

- ・ 開発地特有のデフォルト係数はない (2006GL、2013WLSL)。
- ・ CO₂ 排出係数について、もしも泥炭が除去されないのであれば、**deep drainage** が行われることが一般的であり、**cultivated organic soils** の値を適用することが良い。もし泥炭が除去されるのであれば、除去年に排出を計算する (2006GL)。
- ・ On-site の CO₂、CH₄ N₂O 排出係数は、排水レベル、植生被覆、管理活動状況の国内状況を勘案して、状況が類似している他の土地利用の係数を適用することが良好手法である (2013WLSL)。
- ・ Off-site の水溶性炭素由来 CO₂ 排出、**ditch** 由来の CH₄ 排出については、特に土地利用ごとの係数の区分無し。

以上を踏まえ、2020 年 4 月提出インベントリにおいては、IPCC ガイドラインのガイダンスを鑑み「類似の国内状況に該当する排出係数を用いた算定」を、「転用された開発地 (転用後 20 年間のみ)」に対して適用する。既存の係数で、開発地と類似の状況を適切に示しているものがあるとは考えにくい、主に開発地への転用が水田地域で生ずることから、水田の値を暫定値として用いる

³ 「道央自動車道 (札幌～岩見沢間) の軟弱地盤における供用後 20 年間の沈下と対策の評価について」第 39 回地盤工学研究発表会

⁴ 寒地土木研究所月報 No.666 2008 年 11 月「泥炭地盤の新しい長期沈下解析手法に関する検討」林 宏親、西本 聡

⁵ 「美唄泥炭地における地盤低下: 湿原と泥炭農用地の管理(第 2 報)」日本土壌肥科学雑誌 66(5), 465-473, 1995

こととする。

図2の様な沈下曲線はどのような有機質土壌でも起こることが知られており、研究的には土壌断面のバルク密度と地下水位から圧縮と酸化分解を見積もり、分解率を求める方法も試みられている⁶事から、寒地土木研究所等における調査データも踏まえつつ、適切な排出量を求める検討を継続することとする。

(4) 排出・吸収量への影響

現状の水田と同じ排出係数を用いた場合の排出量(新規算定)は以下の通り。約4~8万tCO₂換算の排出が新たに計算される。この値は、試算的な暫定値という位置づけでGHGインベントリに報告する。

表5 転用された有機質土壌開発地からの排出量

	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
面積	kha	9.54	9.35	9.18	8.91	8.73	8.64	8.55	8.48	8.36	8.25	8.10	7.94	7.78	7.62
On-siteCO ₂ 排出	kt-CO ₂	54	53	52	51	50	49	49	48	48	47	46	45	44	43
Off-siteCO ₂ 排出	kt-CO ₂	11	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	8
On-siteCH ₄ 排出	kt-CO ₂ eq	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Off-siteCH ₄ 排出	kt-CO ₂ eq	14	14	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12	11	11
N ₂ O排出	kt-CO ₂ eq	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
合計	kt-CO ₂ eq	80	78	77	74	73	72	71	71	70	69	68	66	65	64

	単位	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
面積	kha	7.44	7.20	6.98	6.80	6.57	6.28	6.01	5.70	5.35	5.11	4.90	4.70	4.53	4.40
On-siteCO ₂ 排出	kt-CO ₂	42	41	40	39	37	36	34	32	30	29	28	27	26	25
Off-siteCO ₂ 排出	kt-CO ₂	8	8	8	8	7	7	7	6	6	6	5	5	5	5
On-siteCH ₄ 排出	kt-CO ₂ eq	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Off-siteCH ₄ 排出	kt-CO ₂ eq	11	10	10	10	10	9	9	8	8	7	7	7	7	6
N ₂ O排出	kt-CO ₂ eq	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
合計	kt-CO ₂ eq	62	60	58	57	55	52	50	47	45	43	41	39	38	37

⁶ Hooier et al. 2012, Subsidence and carbon loss in drained tropical peatlands, Biogeosciences, 9, 1053-1071, 2012

II. 次年度以降提出のインベントリに反映する検討課題（優先検討課題）

1. 土地利用変化を伴う場合の土壤炭素ストック変化の算定（条約 4.A.2～4.F.2 議定書 AR、D）

(1) 課題

土地利用変化が生じた際の土壤炭素ストックは、一定の遷移期間（デフォルトは 20 年間）を経て、新しい土地利用下での平衡状態に達するとしており、転用前後の土壤炭素ストック量の比較を行うことでその変化を計算する。各土地利用における平衡状態にある場合の土壤炭素量は、デフォルト手法では、各土壤タイプの参照土壤炭素量（SOC_{ref}）に対して、土地利用、管理、投入の状況に応じた炭素係数（それぞれ、F_{LU}、F_{MG}、F_I）を乗じて求める様に 2006 年 IPCC ガイドラインで説明されている。

わが国では土壤調査によるデータが存在するため、初期の算定（2007～2011 年頃）は森林や農用地における平均土壤炭素ストック量を、各土壤の炭素量と土壤分布面積より求めて転用前後の土壤炭素量設定値として利用していたが、転用による変化ではなく、各土地利用の立地状態の違いや土壤密度の違いも拾って不自然な変化を推計することが問題となった。現在においても、十分な科学的根拠をもった算定が難しい状況となっている。

本課題については、2016～2018 年度の 3 ヶ年で、環境省環境研究総合推進費【2-1601】「森林と農地間の土地利用変化に伴う土壤炭素変動量評価と GHG インベントリへの適用研究」による調査を行い、森林と農地・草地の間の土地利用変化時の土壤炭素ストック変化についての検討を実施した。

また、2019～2021 年度の 3 ヶ年で、環境省環境研究総合推進費【2-1909】「土地利用変化による土壤炭素の変動量評価と国家インベントリへの適用に関する研究」が実施されている。

(2) 検討状況

環境省環境研究総合推進費【2-1601】の結果として、Mass equivalent 法に基づく、森林⇄農地・草地間の土地利用変化に対応する Tier 2 相当の係数が得られた。【2-1601】のペアサンプリングより得られた係数は農耕地→森林は 1.09、森林→農地は 0.75。これらの知見は、他の情報も含めた Tier.2 の係数として、現在投稿論文として取りまとめが進められている。

環境省環境研究総合推進費【2-1909】では、引き続き森林・農耕地間の土地利用変化の情報収集を続けるほか、開発地への土地利用変化、土地利用変化について AI 技術を用いた把握検討、調査結果のインベントリへの反映方法検討や他国の実態調査を進めている。

係数を乗ずる先の参照土壤量については、森林土壤はモニタリングデータの収集が進んでおり、農耕地の土壤炭素量については、2008～2012 年に農水省が実施した土壤由来温室効果ガス・土壤炭素調査の結果も踏まえて、農研機構で精査が進められている段階であり、近い将来に見直しを実施できる可能性が高い。

(3) 対応方針

環境省環境研究総合推進費【2-1601】の結果をインベントリへ適用していくには、以前より算定方法検討会でも報告している森林及び農耕地の参照土壤量の見直し、Tier 2 係数の適用を行う適切な遷移期間（ペアサンプリングの結果として 20 年よりも長い遷移期間が観測された）、及び遷移期間に対応する面積データを把握する方法等の検討も同時に必要となっている。これらの作業や、データの更なる収集・分析、とりまとめは環境省環境研究総合推進費【2-1909】で引き続き進めていく。

なお、以下の課題で示すように、土壌関係の算定では、全般的に大きく数値が動き得る改訂事項が複数存在していることから、改訂のタイミングを合わせる等の共通のスケジュールの検討が必要ではないか、との指摘が出ており、本分科会において、専門家のご意見も伺いたい。

2. 農耕地における鈹質土壌、有機質土壌面積の更新（条約 4.B, 4.C、議定書 CM, GM）

(1) 課題

農耕地の土壌は、IPCC ガイドラインに基づき、鈹質土壌、有機質土壌（泥炭土、黒泥土を割当）に分離し、それぞれに対応する方法論を用いて GHG 排出・吸収の算定を行っている。鈹質土壌面積・有機質土壌面積は、1992 年度、2001 年度の「農耕地土壌分類」に基づく地目別土壌群別面積のデータを用いて、地目別に推計しているが、2002 年以降の面積は、2001 年度的面積を起点として、土地利用変化分を加減（転用して他の土地利用に行った面積を減算し、転用されて新たに農耕地になった面積を加算）して求めている。

本年度、農研機構農業環境変動研究センターにおいて、新たな地目別の土壌群面積データのとりまとめが行われ、時系列的なデータ更新に向けた基礎データが入手できるようになった。このデータは、2008～2012 年に農水省が実施した土壌由来温室効果ガス・土壌炭素調査の結果を基に作成した土壌図と、農水省が 2001 年に行った基盤調査により作成した地目別の GIS データ、2010 年度の市町村別・作物別の面積統計を用いて作成されたデータである。

(2) 対応方針

2010 年の土壌群面積データについては「平成 30 年度農地土壌炭素貯留等基礎調査事業報告書」（農林水産省生産局）では「農耕地土壌分類第 3 次改訂案」に基づいて分類された全国の土壌群面積が、提示されているところであるが、農研機構では土壌図を「包括的土壌分類第 1 次試案」に切り替えて作成を行っている。

2001 年の土壌群面積データは「農耕地土壌分類第 2 次改訂案」によって作成されたものであるが、有機質土壌面積、鈹質土壌面積を把握する場合の鍵となる「黒泥土」の分類基準が、農耕地土壌分類の第 2 次改訂案（低地の土壌で黒ければ黒泥土と分類）と第 3 次改訂案（低地の土壌で黒くて有機物含量が 20%以上ある土に限定）では大きく異なり、また「農耕地土壌分類」と「包括的土壌分類」でも土壌群面積分布データが異なることから、2001 年と 2010 年の提供データをそのまま GHG インベントリの時系列変化として用いることは出来ない。従って、2001 年の情報を「包括的土壌分類第 1 次試案」に基づき分類し直したデータを準備の上で、GHG インベントリにおける農耕地の鈹質土壌・有機質土壌時系列データの更新を行う予定。

なお、表 6 の通り、有機質土の面積は包括的土壌分類では少なめに分類される（2010 年で約 38kha 減＝現状より 17%減）ことから、時系列全体として温室効果ガスの排出量は若干排出が少なめに再計算される見込みである。試算レベルでは、2010 年において、LULUCF 分野で約 26 万 t CO₂eq、農業分野で約 1.6 万 t CO₂eq の排出減となっている。

表 6 土壌群別分布面積（千 ha）の包括 1 次試案と農地 2 次改訂版との比較

	造成土	有機質土	ポドゾル	黒ボク土	暗赤色土	低地土	赤黄色土	停滞水成土	褐色森林土	未熟土	合計
包括1次試案	0.8	181.5	0.6	1319.6	39.9	2179.7	212.3	227.1	358.9	78	4598.3
農地2次改訂版		219.6		1290.9	37.1	2186.6	295.7	199.1	346.9	22.4	4598.3

（出典）神田隆志、高田裕介、若林正吉、神山和則、小原洋 2017 包括的土壌分類第 1 次試案に基づく縮尺 1/5 万全国デジタル農耕地土壌図の作成、日本土壌肥科学雑誌、88、29-34、（同文献の表 1 の全国値を引用）

3. 農用地の鉱質土壌炭素ストック変化算定（条約 4.B, 4.C、議定書 CM, GM）

(1) 課題

2015 年の GHG インベントリ提出より、水田、普通畑、樹園地、牧草地の鉱質土壌の炭素ストック変化は、Roth C モデルを用いた算定結果を報告している（モデル計算上必要な土地利用 GIS データの面積と、現在の GHG インベントリ報告で用いている地目別の面積が一致しないため、Roth C の計算結果より、都道府県、地目別の単位面積当たり炭素ストック変化率を設定し、これを GHG インベントリで用いている地目別面積に乗じて推計）。

モデル算定に用いる活動量は、土壌への炭素投入量であるが、作物（緑肥）由来の炭素とたい肥由来の炭素があり、作物由来については農作物残渣のうち土壌還元が行われる量を、都道府県別に各作物の収穫量に各種係数等に乗じて算定している。たい肥については 1980、1985、1990、1995、2000、2010 年を対象とするアンケート調査における作物別（水稻、畑作物、野菜、果樹、茶、飼料作、牧草）たい肥施用量（全国共通値）より推計を行っている。

Roth C 算定の導入以降、2016 年に机上審査形式で、2018 年に集中審査形式で、2 度の GHG インベントリ審査を受けているが、主に以下の様な評価を受けている状況。

- Roth C モデルそのものは、日本の状況を反映できる様に検討されていると考えられる。
- 算定結果で年次変動が生じているが、その理由が十分に NIR（GHG インベントリ報告書）で説明されていない。
- 排出量の年次変動への影響及び活動量の推計方法の情報が判り難く、妥当性の判断が難しい。
- 活動量の経年変化を踏まえるに、一部は適切な入力値とは考えにくい面があるのではないかと。

(2) 対応方針

炭素投入量の把握に利用してきたアンケート結果の利用方法・集約方法や、それらがどの様に算定結果に効いているかの検討を進めている状況。試算結果の精査や、これまでの報告との差異の要因等の分析を進め、2021 年 4 月提出インベントリでの修正を目指す。

なお、2019 年提出値は 2017 年の普通畑の炭素変化係数の計算にミスがあったことから、2020 年提出では修正して提出予定。この再計算の規模は 52 万 t-CO₂ の排出減となる。

4. 森林におけるバイオマス量と枯死木量の比率（条約 4.B.2～4.F.2、議定書 D 等）

(1) 課題

2018 年提出インベントリに対する審査において、森林減少地におけるバイオマス量（99 t-d.m./ha）に対して、枯死木量（14.87 t-C/ha）が大きすぎるのではないかと、という指摘があった（値はいずれも 2017 年のもの）。

(2) 対応方針

算定に用いているパラメータと、インベントリ報告値の関係性等については、精査を進めている段階であり、改訂・修正が必要な場合には 2021 年以降のインベントリ提出において対応する。

5. 2013年湿地ガイドラインの適用

(1) 課題

2013年に採択された湿地ガイドラインは、泥炭地・沿岸湿地・内陸の泥炭地以外の湿地の算定方法について、2006年IPCCガイドラインに追加的なガイダンスを提供している。UNFCCC下では湿地ガイドラインは任意適用というルールとなっており、我が国では、適用可能な部分の算定を順次GHGインベントリに反映しているが、第4章の沿岸湿地の算定については、具体的な算定の検討が、国土交通省の下に設置されたブルーカーボンの研究会や検討会で開始されたところである。

これらの算定の検討を進める上では、現在の報告・方法論との関係で整理が必要な項目があることから、今後の検討実施における留意事項の把握が必要である。各方法論と現状の扱いは下記の通り。

表 7 湿地ガイドラインの方法論の概要と検討・適応状況

排出・吸収源		状況
有機質土壌の耕起・排水	On-site CO ₂ 排出 (係数更新のみ)	適用済み
	Off-site CO ₂ 排出	適用済み
	CH ₄ 排出	適用済み
	N ₂ O 排出 (係数更新のみ)	適用済み
	泥炭火災	該当なしと整理 (NO)
有機質土壌の再湛水	CO ₂ 排出	未推計：再湛水実績の面積データ把握が困難なため、対応優先度は低く設定
	CH ₄ 排出	
	N ₂ O 排出	
沿岸湿地	マングローブ	FM 対象／国交省検討会での扱いは要整理
	干潟	国交省検討会で検討を開始
	海草藻場	国交省検討会で検討を開始
	海藻藻場 (方法論の提供なし)	国交省検討会で検討を開始
	養殖 N ₂ O	水産庁と推計に向けた相談を実施 (デフォルト EF が日本の状況に合わないことから、高次 Tier を検討)
鉱質土壌の湿地再生	土壌炭素蓄積変化	未推計：面積データの把握が困難なため、対応優先度は低く設定
	CH ₄ 排出	
人工湿地	排水処理	廃棄物分野の計算・報告対象 (日本は NO)

(2) 対応方針

○マングローブの算定について

- ・ マングローブの算定方法は、湿地ガイドラインによるとバイオマスと枯死有機物は 2006 年 IPCC ガイドラインの森林と同じ方法を適用するとされているが、炭素含有率 (0.451)、密度 (0.71 t-d.m./m³)、地上部・地下部比率 (0.96)、各炭素プールの炭素蓄積量について、マングローブ独自のデフォルト値が与えられているほか、マングローブの新規植林時の土壌炭素蓄積係数 (年間吸収係数に相当する値：-1,62 t-C/ha/yr) も提供されている。
- ・ 我が国のマングローブ面積は 800ha 程度とされているが、森林定義を満たすマングローブは森林経営計画対象森林に含まれている。現在、ブルーカーボン研究会が公表している沿岸湿地の吸収量に、マングローブも含めている。現時点で、森林側の算定でマングローブ林特有のデータを組み込むことは予定していないことから、既存の森林における計算対象範囲との関係にも留意しつつ、二重計上の生じないように、情報の整理を進める。

○干潟

- ・ 環境省で行われている閉鎖性水域を対象とした「自然環境基礎調査」の利用に加え、全国的な干潟データを時系列変化で把握する方法の検討が進められる見込み。それらのデータが出て

きた時点で、コンパイラ側で既存の算定範囲との重複（全国都道府県市町村面積調の調査範囲や、開発地の緑地との関係など）の確認を行い、必要に応じて土地定義の修正等の課題に反映する。

○海草藻場、海藻藻場の算定について

- ・ 基本的に、海域のため既存の計算との重複はないが、土地利用定義や報告に影響する話のため、国交省検討会の方向性がまとまってきた時点で、適宜吸収源分科会や算定方法検討会（親検討会）にも報告を行う。

○養殖由来の N₂O の算定について

- ・ Tier 1 の算定は我が国の実態には合いそうにないことから、我が国の知見の収集等も含めた算定への対応を進める予定。特に既存の算定との重複等は生じないが、報告分野を農業分野とするか、LULUCF 分野の湿地とするかの整理が必要。

6. 2019 年改良 IPCC ガイドラインの適用（貯水池：条約 4.D）

(1) 課題

IPCC ガイドラインの方法論に準拠すると、湿地は大きく「泥炭採掘（peat extraction）」「湛水池（flooded land）」「その他（泥炭採掘と湛水池に該当しない炭素ストック変化）」に分けられるが、このうち湛水池については、2006 年 IPCC ガイドラインでは、湛水池への転用に伴うバイオマスの損失に関する方法論のみが提示されている。2019 年改良 IPCC ガイドライン（2019RM）は、UNFCCC 下での扱い（正式な適用時期や、その際の義務適用如何など）は決まっていないが、新たに湛水池に関する GHG 排出算定の方法論が示されたことから、貯水池等からの排出算定が可能となった（表 8）。なお、算定対象とされているのは、人為的な改変による排出のみであり、大気とのガス交換によるフラックスとは別の値となる。

表 8 湛水池の方法論一覧

種類・用途	条件	IPCC 区分	算定	
自然湖沼・河川	水位調節等無し	Unmanaged Flooded land	対象外（自然由来）	
	水位調節等あり	面積変化なし	Unmanaged Flooded land	実施しない
		面積変化あり	Reservoirs_Storage	2019RM 7 章
		滞留時間変化	Reservoirs_Storage	2019RM 7 章
水力発電	貯水池式	Reservoirs_Storage	2019RM 7 章	
	流れ込み式	Reservoirs_Run-off the river	2019RM 7 章	
	揚水式	Reservoirs_Pumped Storage Reservoir	2019RM 7 章	
人工河川	人為的な掘削を実施（運河や放水路）	Other constructed water Body (Canals)	2019RM 7 章	
農林水産業	農業用ため池	Other constructed water Body (Ponds)	2019RM 7 章	
	養殖池-汽水域・沿岸域	Coastal Wetlands	2013WLSL	
	養殖池-淡水	Other constructed water Body (Ponds)	2019RM 7 章	
	用水路	Other constructed water Body (Ditches)	2019RM 7 章	
	湛水期がある牧草地・採草放牧地	Wetlands or other	2013WLSL	
	水田（稲作）	Cropland - rice cultivation	農業分野	
	塩田	Coastal Wetlands	2013WLSL	
排水処理		Waste water	廃棄物分野	
湿原		Wetlands	2013WLSL	

○ 貯水池（20 年以上たつたもの）の GHG 算定

- CO₂ 排出：有機物の分解による排出は生じているが、ほとんどが流域から流れ込んだものに

由来し、元の土地で炭素損失として計算されているため、二重計上回避のために計算は行わない。

- N₂O 排出: 流域から流入する有機体・無機体窒素由来の N₂O 排出が物理的に発生しているが、農業分野・廃棄物分野の N₂O 間接排出 (indirect emissions from leaching/run-off) で、水系に流出した窒素分由来の N₂O 排出が計算されるため、二重計上回避のために計算は行わない。
- CH₄ 排出: 湛水地の堆積物中有機物の嫌気性分解に伴い CH₄ が発生。排出経路は diffusive (拡散による水面からの排出)、ebullitive (気泡となり水面から排出)、downstream (流出時の攪乱と、圧力・温度等の変化で平衡状態が崩れることでガスが抜けるもの)。

(貯水池の CH₄ 排出)
 = (水面からの CH₄ 排出) + (流出時の CH₄ 排出)
 = (面積×EF×クロロフィル a 濃度に応じた係数) + (面積×EF×流出時に発生する CH₄ 割合)

○ 貯水池 (20 年以内のもの) の GHG 算定

- CO₂ 排出: 湛水した全炭素プール由来の有機物の分解による排出を算定。排出は湛水後の最初の 10 年に多く、その後も長期間 (100 年) 続くが、その全排出を湛水後 20 年間に割り当てて計算する。デフォルト排出係数は面積当たり一定値で設定されており、元の炭素量に応じた排出の計算は Tier 2 以降でのみ算定。
- N₂O 排出: 20 年以上の貯水池と同様に計算しない。
- CH₄ 排出: 20 年以上の貯水池と同様の計算式に、別の排出係数を適用して計算する。

○ 貯水池以外の湖沼 (8ha より小さく発電目的ではないのもの)

- 構築からの年数に応じた情報が十分に取れなかったことから、年数別には分けず一括して計算する。従って、若年数のみで計算する CO₂ は算定対象外で、CH₄ のみを計算する。

表 9 主要パラメータ (Tier 1 対応)

係数		気候帯	値	2019RM の出典
CH ₄ 排出係数	貯水池 (20 年以降)	Cool temperate	54.0 kg CH ₄ /ha/yr	Table 7.9 (New)
		Warm temperate moist	80.3 kg CH ₄ /ha/yr	Table 7.9 (New)
	貯水池 (20 年以内)	Cool temperate	84.7 kg CH ₄ /ha/yr	Table 7.15 (New)
		Warm temperate moist	127.5 kg CH ₄ /ha/yr	Table 7.15 (New)
	Saline ponds	All	30 kg CH ₄ /ha/yr	Table 7.12 (New)
	Freshwater and brackish ponds	All	183 kg CH ₄ /ha/yr	Table 7.12 (New)
Canal and ditches	All	416 kg CH ₄ /ha/yr	Table 7.12 (New)	
CO ₂ 排出係数	貯水池 (20 年以内)	Cool temperate	1.02 t CO ₂ /ha/yr	Table 7.13 (New)
		Warm temperate moist	1.46 t CO ₂ /ha/yr	Table 7.13 (New)
流出時の CH ₄ 排出の水面からの CH ₄ に対する割合		All	0.09	Table 7.10 (New)
クロロフィル a に応じた調整係数		All	1.0	Equation 7.10 (New)

(2) 対応方針

ダムの定義を満たす貯水池はダム年鑑⁷よりほぼ網羅的に把握が可能であり、この面積に応じて、

⁷ 堤高 15m 以上のダムの定義を満たすものをほぼ網羅的に把握。それ以外の農業用溜池などは含まれない。

Tier 1 の方法論・係数に準じた計算を行った場合の排出量は 50 万 tCO₂e.q.程度となる（20 年以内の貯水池からの CO₂ 排出は 2 万 tCO₂、同 CH₄ 排出が 5 万 tCO₂e.q.、残りは 20 年以上の貯水池からの CH₄ 排出）。

この先、以下の点に留意して検討を進める。

- ・ 貯水池のデータの整備（20 年以内、以降の分離が必要なことから算定用に個別貯水池をデータベース化）。
- ・ 既存の計算との二重計上の回避方法の検討（森林減少時の土壌炭素損失による CO₂ 排出など）。
- ・ ダムの定義に合致する貯水池外の湛水地データの把握可能性検討。
- ・ 国内データも踏まえた算定 Tier や適用する係数の検討。国内のダムの状況を踏まえた代表値の作り方の検討。
- ・ 土地利用変化データとの整合性検討（ダム工事は 10～20 年の期間がかかることから、土地利用・土地被覆変化として、水面への転用が生じるまでに時差がでる）。

7. アプローチ 3 に対応した土地分類への移行（分野横断）

(1) 課題

2006 年 IPCC ガイドラインに基づく LULUCF 分野の算定は「土地利用区分」を基準として実施しており、各国が自国の状況に合わせた土地利用定義を設定する。また、土地利用変化に伴う炭素ストック変化は、LULUCF 分野の大きな排出・吸収源であるが、土地利用変化面積の推計方法としては、2006 年 IPCC ガイドラインでは、アプローチ 1（各土地利用区分の面積の変化だけ時系列で示し、面積の増減がどこの土地利用からの変化によるものかの情報は必ずしも明示としない方法）、アプローチ 2（各土地利用区分の面積変化をマトリクスで示し、どの土地からどの土地への変化が生じたかを明示する方法）、アプローチ 3（地理的な位置情報を踏まえて、どこの場所で土地利用変化が生じたかの情報が把握できる方法）、の 3 つの方法が提示されており、その間には序列は無いとしている。しかしながら、炭素ストック算定の方法論によっては、実質的に地理情報を用いた分析結果が必要なものも多く、モデルを用いる Tier 3 の算定は、実質的にアプローチ 3 の活動量データが必須となっている。

我が国では、国土を網羅する比較的統計情報が充実しており、初期の頃には高度な算定を実施していなかったことから、土地利用変化の把握は、統計情報等の複雑な組み合わせによりアプローチ 2 で実施しているが、統計調査の廃止等で、これまで以上に仮定・推計が増えているほか、高次のモデル算定を実施する際に、統一的なアプローチ 3 に対応する土地分類データが存在しないことが改善の障壁となっている。

(2) 対応方針

これまで同様、この先も将来的なアプローチ 3 への移行を踏まえた候補データや土地定義の在り方、課題についての検討を進める。昨年度の検討会以降、専門家ヒアリング等を進めたが、以下のような情報を得ている。主には、GHG インベントリの算定目的に合わせた、土地被覆の分類を整理すること、草地の区分方法を再検討する重要性が指摘されているところ。

○ 植生図の利用

- ・ 国土全域に対して同じ基準で全ての土地利用区分の把握を行うには、環境省の植生図は外せないと思われる。日本全国標準土地利用メッシュデータ（国立環境研究所）、1990 年の草地分布図（松浦 2016）などの、土地利用図の検討は植生図のデータを利用。

- ・ 第 7 回自然環境保全基礎調査を基にした新規植生図の作成作業が進んでおり、この作業が終わると異なる時系列の植生データが整備されることになり、個別凡例の対応を整理することでアプローチ 3 的な土地利用変化の把握ができる可能性がある。
- ・ 整備や更新に膨大な時間を要するデータベースであり、頻繁な更新を期待することは出来ない。また、植物社会学に基づいて作成されるデータで、GHG インベントリとしては、個別データは過剰な情報となっているので、必要なレベルでの単純化が必要である。

○ 炭素ストック変化を考慮した草地の区分方法

- ・ ①人為的介入がない高山帯や河川域、海岸付近に位置する自然植生、②人為的介入がある草地の中で堆肥投入などにより集約的な管理がされている草地（牧草地）、③人為的介入がある草地の中で粗放的な管理がされている草地、の 3 つの区分が考えられる。
- ・ ただし、集約的な管理がされている草地について、長い期間での輪作をする場合に、飼料畑なのか草地なのかを見極めないとならない。また、耕作放棄地は、まずは草本が自生しその時点では粗放的な管理が行われている草地となり、その後、時間が経つにつれて木本が育ち最終的に森林化する。その過程をどのように土地利用区分で定義づけるかは難しいところである。

○ AI 利用等について

- ・ 国土全域の土地被覆、土地利用を把握するデータや解析プログラムは無償で利用可能になりつつある。
- ・ 技術的には、AI に土地被覆と土地利用の対応データを大量に学習させることで、土地被覆から土地利用への変換は可能となっており、土地利用変化も、スパコンレベルの設備が必要にはなるが、AI により画素単位で把握できる。ただし、この様な手法は 100% 正確ということはありません、必ずある程度の不正確性が生じてしまうため、その許容度も重要な視点となる。
- ・ 現在の研究が必ずしもインベントリに対応した土地被覆・土地利用分類を意識したものにはなっておらず、インベントリで求められている土地利用図や土地利用と土地被覆の対応関係は何かを定め、それを周知していく必要がある。

○ データ整備について

- ・ 現在わが国が所持するデータには土地被覆・土地利用図の基盤となるものが多く存在しており、それらをうまく活用することで 1970 年ごろの土地利用も表現可能だと思われる。
- ・ 基盤となるデータをクラウドなどにて共有し、研究者が 1 次データとしてより容易に利用できるような体制を整えていくことも重要ではないか。