

(別紙)

主なGHG排出削減技術の削減ポテンシャル 推計方法及びデータ出典

各技術の推計式の 骨格式一覧

各技術の推計式の骨格式一覧

No.	技術	推計方法の骨格式
1	間断灌漑（AWD）	1ha当たり排出削減量 = {（従来の水田栽培で見込まれるメタン発生量－AWDで見込まれるメタン発生量）× 栽培日数 － AWD導入に伴うN ₂ O排出量の増加分 + ポンプ燃料使用量の削減によるCO ₂ 削減分} × 不確実性を控除した割合
2	バイオ炭の農地施用	1t当たり排出削減量 = （対象資材に最初に固定された炭素量 × 将来にわたって分解されずに残る割合） － バイオ炭の製造・輸送・加工過程の排出量－他の場所で誘発される間接排出量
3	生物的硝化抑制（BNI）技術	1ha当たり排出削減量 = 従来栽培の窒素施肥量 × 従来栽培での施肥窒素由来N ₂ O排出割合 － BNI導入後の窒素施肥量 × BNI導入後の施肥窒素由来N ₂ O排出割合
4	アミノ酸バランス改善飼料の給与	1頭(羽)当たり排出削減量 = アミノ酸バランス改善により減少した排せつ窒素量※ × ふん尿からN ₂ Oが発生する割合 × 対象となる飼養規模・飼養期間 ※豚、採卵鶏・ブロイラー、乳用牛、肉用牛で、それぞれの方法により推計
5	バイパスアミノ酸の給与	1頭当たり排出削減量 = {従来飼料での1日当たりGHG排出量 × 従来飼料での飼養日数 × 給与前後の枝肉重量を同量に揃えるための倍率} － {バイパスアミノ酸給与後の1日当たりGHG排出量 × バイパスアミノ酸給与後の飼養日数}
6	飼料添加物（カシューナッツ殻液）の給与	1頭当たり排出削減量 = 消化管内発酵により発生していたメタン排出量 × カシューナッツ殻液によるメタン低減効果 － 飼料添加物の製造・輸送等に伴う追加排出量

個別技術の推計方法

個別技術の推計方法 01. 間断灌漑（AWD）（1/2）

削減原単位の推計式及び変数一覧

母数 = 灌漑水稻の収穫面積（AQUASTATベース、FAOSTATで上限補正）
※Nigeria, Senegal, Côte d'Ivoireは個別データを使用（Appendix参照）

1ha当たり排出削減量（母数を乗じる前の式）

1ha当たり排出削減量 = {栽培日数 × 基準CH4排出係数 × (参照側水管理係数－プロジェクト側水管理係数) × 作期前水管理係数 × 有機物投入係数 × 10⁻³ × CH4地球温暖化係数} + {N投入量 × (参照側N2O排出係数－プロジェクト側N2O排出係数) × 44/28 × 10⁻³ × N2O地球温暖化係数} + { (参照側燃料使用量－プロジェクト側燃料使用量) × 燃料排出係数} × 不確実性控除

→EF/ha = [{D_s × EF_{CH4,c,s,d} × (SF_{R,w}－SF_{P,w}) × SF_p × SF_o × 10⁻³ × GWP_{CH4}} + {Q_N × (EF_{N2O,C}－EF_{N2O,D}) × 44/28 × 10⁻³ × GWP_{N2O}} + {(QF_{R,i,p}－QF_{P,i,p}) × EF_{fuel,i}} × (1－U_d)

No.	変数・定数名	記号	固定値	出典	データ種別	単位	備考
CH4排出量算出に係る計算式							
1	水田面積・収穫面積	A _{rice,s}	-	AQUASTAT、FAOSTAT	統計データ	ha	収穫面積を優先。欠損時は水田面積等で補完
2	栽培日数	D _s	-	IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.5 (以下 IPCC 2019 と記載)	参考値	日	IPCC地域区分別の稲作栽培期間を使用
3	基準CH4排出係数	EF _{CH4,c,s,d}	-	PH_AM004、IPCC 2019	方法論値/参考値	kgCH4/ha/日	常時湛水・有機物無投入を基準とした日次CH4排出係数
4	参照側水管理係数	SF _{R,w}	1.00	PH_AM004、IPCC 2019	固定値	-	参照側は常時湛水を前提
5	プロジェクト側水管理係数	SF _{P,w}	0.55	PH_AM004、IPCC 2019	固定値	-	multiple drainageを採用。single drainageは0.71
6	作期前水管理係数	SF _p	単作0.89 / 二期作1.00	IPCC 2019	選択値	-	pre-season水管理の違いを反映する係数。Single cropの場合0.89、それ以外は1.00
7	有機物投入係数	SF _o	単作1.48 / 二期作2.88	IPCC 2019	仮定値	-	有機物施用によるCH4補正係数。主に単作1.48、二期作2.88、不明・欠損は1.00
8	CH4地球温暖化係数	GWP _{CH4}	28	PH_AM004、IPCC AR5	固定値	tCO2e/tCH4	CH4をCO2換算する係数
9	不確実性控除率	U _d	15%	PH_AM004	固定値	%	最終削減量から控除
N2O排出量算出に係る計算式							
10	N投入量	Q _N	-	FAOSTAT、IFA等	統計データ/自動計算	kgN/ha	1ha当たりのRice向けN投入量。N2O増加ペナルティの母数
11	参照側N2O排出係数	EF _{N2O,C}	0.003	PH_AM004	固定値	kgN2O-N/kgN	連続湛水時のN2O排出係数。ベースライン側に使用
12	PJ側N2O排出係数	EF _{N2O,D}	0.005	PH_AM004	固定値	kgN2O-N/kgN	単排水・複数排水時のN2O排出係数。プロジェクト側に使用
13	N2O地球温暖化係数	GWP _{N2O}	265	PH_AM004、IPCC AR5	固定値	tCO2e/tN2O	N2OをCO2換算する係数。44/28も併用
14	N2O-N→N2O換算係数	44/28	1.571429	IPCC 2019	固定値	-	N2O-N重量をN2O重量へ換算する分子量比
ポンプ使用に伴う燃料排出に係る計算式							
15	参照側燃料使用量	QF _{R,i,p}	74.55	Bangladesh Rice Journal	参考値	L-diesel/ha/年	参照側で排水・灌漑ポンプに使用する燃料量。軽油使用量として仮置き
16	プロジェクト側燃料使用量	QF _{P,i,p}	44.55	Bangladesh Rice Journal	参考値	L-diesel/ha/年	参照側で排水・灌漑ポンプに使用する燃料量からAWD導入により削減されるポンプ用軽油量を差し引いた値
17	軽油排出係数	Diesel_EF / EF _{fuel,i}	0.00268	JICA Climate-FIT等	定数	tCO2/L	軽油1L当たりのCO2排出係数。36.1 GJ/kL × 74.1 tCO2/TJ から算出
18	不確実性控除率	U _d	15%	PH_AM004	固定値	%	最終削減量から控除

準拠方法論：PH_AM004 “Methane Emission Reduction by Water Management in Rice Paddy Fields”, JCM
※国別ポテンシャル推計のため、圃場実測ではなく公表統計・IPCC/JCM方法論デフォルト値を用いたトップダウン推計
※現行ExcelではCH4・N2Oを最終Outputに含め、CO2は計算ブロックとして整理

■ 1ha当たり排出削減量 (母数を乗じる前の式)

1ha当たり排出削減量 = {栽培日数 × 基準CH4排出係数 × (参照側水管理係数 - プロジェクト側水管理係数) × 作期前水管理係数 × 有機物投入係数 × 10⁻³ × CH4地球温暖化係数} + {N投入量 × (プロジェクト側N2O排出係数 - 参照側N2O排出係数) × 44/28 × 10⁻³ × CH4地球温暖化係数} + {(参照側燃料使用量 - プロジェクト側燃料使用量) × 燃料排出係数} × 不確実性控除
→ EF/ha = [{D_s × EF_{CH4,c,s,d} × (SF_{R,w} - SF_{P,w}) × SF_p × SF_o × 10⁻³ × GWP_{CH4}} + {Q_N × (EF_{N2O,C} - EF_{N2O,D}) × 44/28 × 10⁻³ × GWP_{N2O}} + {(QF_{R,i,p} - QF_{P,i,p}) × EF_{fuel,i}} × (1 - U_d)

算出対象	削減原単位の算出式を整理したプロセス	各数式の意味
排出削減量 (ER _p)	ER _p = (RE _p (①) - PE _p (②)) × (1 - U _d)	参照排出量からプロジェクト排出量を差し引き、不確実性控除を適用する
	(①) RE _p = RE _{CH4,p} + RE _{N2O,p} + RE _{CO2,p}	従来の水管理を継続したと仮定した場合に発生する、CH4・N2O・CO2の参照排出量の合計
	(②) PE _p = PE _{CH4,p} + PE _{N2O,p} + PE _{CO2,p}	AWDを実施した場合に発生する、CH4・N2O・CO2のプロジェクト排出量の合計
(代入して整理)	ER _p = Σ[{EF _{CH4,c,s,d} × (SF _{R,w} - SF _{P,w}) × SF _p × SF _o × A _y × D _s × 1/1000 × GWP _{CH4} } - {Q _N × A _y × (EF _{N2O,D} - EF _{N2O,C}) × 44/28 × 1/1000 × GWP _{N2O} } + {A _y × (QF _{R,i,y} - QF _{P,i,y}) × EF _{fuel,i} }] × (1 - U _d)	RE_yとPE_yの差分を、CH4削減分・N2O増加ペナルティ・CO2削減分に分解して整理
1ha当たり排出削減量 (EF/ha)	EF/ha = {EF _{CH4,c,s,d} × (SF _{R,w} - SF _{P,w}) × SF _p × SF _o × D _s × 1/1000 × GWP _{CH4} } - {Q _N × (EF _{N2O,D} - EF _{N2O,C}) × 44/28 × 1/1000 × GWP _{N2O} } + {(QF _{R,i,y} - QF _{P,i,y}) × EF _{fuel,i} }	- 面積を乗じる前の1ha当たり正味削減原単位 - CH4削減量、N2O増加分、CO2削減分を統合した値
排出削減量 (ER _p)	ER _y = EF/ha × A _y × (1 - U _d)	抽出した1ha当たり排出削減量を用いて、プロジェクト全体の正味排出削減量を算出する

準拠方法論：PH_AM004 “Methane Emission Reduction by Water Management in Rice Paddy Fields”, JCM
※国別ポテンシャル推計のため、圃場実測ではなく公表統計・IPCC/JCM方法論デフォルト値を用いたトップダウン推計
※現行ExcelではCH4・N2Oを最終Outputに含め、CO2は計算ブロックとして整理

削減原単位の推計式及び変数一覧

母数：各国の乾燥バイオ炭量 (Q_biochar)
= 各国の作物生産量 (A) × 残渣発生率 (B) × 利用可能率 (C) × 炭化歩留まり (D)
※対象作物：トウモロコシ、小麦、米、サトウキビ、アブラヤシの実、ヒマワリの種、ゴマ、大豆、他に分類されないその他の豆類、生のキャッサバ、ジャガイモ、大麦、ソルガム

■ 1t当たり排出削減量（母数を乗じる前の式）

1t当たり排出削減量 = (対象資材の初期炭素量 × 将来の残留割合) × CO2換算係数 − バイオ炭製造・輸送・加工過程の排出量 − 他の場所で誘発される間接排出量

→EF/t = (C_org × PF/100) × 44/12 - E_project - E_leakage

No.	変数・定数名	記号	固定値	出典	データ種別	単位	備考
1	炭素・CO2換算係数	44/12	44/12	IPCC (2019)	定数	-	炭素重量をCO2重量に変換する分子量比
2	有機炭素含有率	C_org	- (Appendix参照)	文献等 ※作物別仮定値	変数/参考値	%	乾燥ベースのバイオ炭の有機炭素含有率
3	永続性係数	PF	M - a × (H/Corg)	Puro Biochar Methodology	自動計算 (中間変数)	%	年平均地温とH/Corg比から導出される、土壌等における炭素残存割合。Mとaは方法論で定められる回帰パラメーター（定数）
	水素・有機炭素モル比	H/Corg	0.4	文献等 ※基準から保守的にみた仮定値	変数/参考値	-	炭化の進み具合（炭素骨格の安定性・永続性）を科学的に測るための、世界共通の基準。H/Corg ≤ 0.7 を満たすものをバイオ炭として認める
4	プロジェクト排出量	E_project	- (Appendix参照)	文献等 ※LCA等仮定値	変数/参考値	tCO2e/t	製造・輸送等のサプライチェーン全体で発生する1t当たりの排出量
5	リーケージ排出量	E_leakage	0と仮定	-	-	tCO2e/t	バイオマス資源の競合等に伴って生じる、1t当たりの間接的な排出増分。今回は発生しないと仮定
6	バイオ炭総重量	Q_biochar	-	(No.8～11から算出)	自動計算 (中間変数)	t	ポテンシャル推計のベースとなる、水分・不純物を除いた乾燥重量
8	農林水産物生産量	A	-	FAOSTAT	統計データ	t/年	対象国・対象作物の年間総生産量（絶対量のベース）
9	残渣発生率	B	-	学術論文、公的機関レポート等	変数/参考値	%	作物生産量に対するバイオマス残渣の発生割合（例：もみ殻は約20%）
10	利用可能率	C	-	独自設定（シナリオ分析）	変数/参考値	%	既存用途と競合せず、バイオ炭原料として回収・利用できる割合（例：野焼き・投棄される未利用分として30%など）
11	炭化歩留まり	D	-	学術データ、プラント仕様等独自設定（シナリオ分析）	変数/参考値	%	回収した乾燥バイオマスを熱分解し、最終的にバイオ炭として残る重量割合（例：600℃の標準プラントで熱分解した場合、約25%など）

(参考) 削減原単位の推計式の導出方法

母数：各国の乾燥バイオ炭量 (Q_biochar)
= 各国の作物生産量 (A) × 残渣発生率 (B) × 利用可能率 (C) × 炭化歩留まり (D)
※対象作物：トウモロコシ、小麦、米、サトウキビ、アブラヤシの実、ヒマワリの種、ゴマ、大豆、他に分類されないその他の豆類、生のキャッサバ、ジャガイモ、大麦、ソルガム

■ 1t当たり排出削減量 (母数を乗じる前の式)

1t当たり排出削減量 = (対象資材の初期炭素量 × 将来の残留割合) × CO2換算係数 − バイオ炭製造・輸送・加工過程の排出量 − 他の場所で誘発される間接排出量

→EF/t = (C_org × PF/100) × 44/12 - E_project - E_leakage

算出対象	削減原単位の算出式を整理したプロセス	各数式の意味
純削減量 (CORCs)	$\text{CORCs} = \text{C_stored} - \text{C_baseline} - \text{C_loss} - \text{E_project} - \text{E_leakage}$ $= \text{C_stored}(\text{①}) - \text{C_loss}(\text{②}) - \text{E_project} - \text{E_leakage}$	- CORCs: 発行クレジット総量 ※C_baseline: ベースライン貯留量 (新規事業では通常ゼロ) - 総貯留量: 製造されたバイオ炭が保持する初期の炭素量 (CO2換算) の算出。バイオ炭の乾燥総重量 (Q) に有機炭素含有率 (C_org) を掛け、CO2分子量 (44/12) に換算
	$(\text{①}) \text{C_stored} = \text{Q_biochar} \times \text{C_org} \times 44/12$	
	$(\text{②}) \text{C_loss} = \text{C_stored} \times (100 - \text{PF}) / 100$	- 貯留損失: 数百年間の分解による大気中への再排出分の算出。永続性係数 (PF) を用い、将来失われる炭素量を定義する - PF: 永続性係数 (%)。地温やH/Corg比に依存
純削減量 (CORCs)	$\text{CORCs} = \text{C_stored} - \text{C_loss}$	実質貯留量 (統合): 初期貯留量から将来の分解損失分を差し引いた、実質的な永続貯留量の算出
	$\begin{aligned}\text{CORCs} &= \text{C_stored} - \{\text{C_stored} \times (1 - \text{PF}/100)\} - \text{E_project} - \text{E_leakage} \\ &= \text{C_stored} \times \text{PF}/100 - \text{E_project} - \text{E_leakage} \\ &= \text{Q_biochar}(\text{③}) \times \text{C_org} \times \text{PF}/100 \times 44/12 - \text{E_project} - \text{E_leakage}\end{aligned}$	各要素の数式を代入し、実質的に残るCO2量を数式化
1t当たり排出削減量 (EF/t)	$\text{EF}/t = \text{C_org} \times \text{PF}/100 \times 44/12 - \text{E_project} - \text{E_leakage}$	- Q_biocharを「1t」と置く - E_projectとE_leakageも総量ではなく1tあたりの原単位に変換
バイオ炭の乾燥総重量 (Q)	$(\text{③}) \text{Q_biochar} = \text{A}(\text{FAOSTAT上の農林水産物生産量}) \times \text{B}(\text{残渣発生率/RPR}) \times \text{C}(\text{利用可能率}) \times \text{D}(\text{炭化歩留まり})$	統計上の農作物生産量から、主産物 (実など)、他用途での利用分、炭化時の重量減の3つの口スを差し引き、純粹に製造できるバイオ炭の総重量を算出

個別技術の推計方法 03. 生物的硝化抑制（BNI）技術（1/2）

削減原単位の推計式及び変数一覧

母数：各国のBNI適用可能小麦面積（SAM）＝
各国の総小麦面積（FAOSTAT）× 有機・低投入ではない面積比率（1－D_org）
× 気候条件が適合する面積比率（1－D_cli）× インフラ上実装可能な面積比率（1－D_inf）

■ 1ha当たり排出削減量（母数を乗じる前の式）

1ha当たり排出削減量＝（従来の肥料量 × 従来のN2O排出割合－削減後の肥料量 × 削減後のN2O排出割合）× N2O重量換算係数 × CO2換算係数
→EF/ha = (f_n,BSL * EF_1{n,BSL} - f_n,PRJ * EF_1{n,PRJ}) * (44 / 28) * GWP_N2O

No.	変数・定数名	記号	固定値	出典	データ種別	単位	備考
1	適用可能面積	-	-	-	自動算出 (中間変数)	-	SAM = A*(1 - D_{org})*(1 - D_{cli})*(1 - D_{inf})
2	対象総面積	-	-	FAOSTAT	統計データ	ha	母数（対象作物：コムギ）
3	有機・低投入エリアの比率	D_{org}	-	The World of Organic Agriculture （国別の有機農地面積割合）、 各国の肥料無使用農地の割合	変数/参考値	%	すでに有機栽培（無施肥）を行っている農地や資金不足等の理由で、 もともと化学肥料（窒素）をほとんど投入していない農地の割合
4	気候アンマッチの比率	D_{cli}	-	FAO GAEZ、対象国における冬コムギ・ 春コムギの作付割合の統計等	変数/参考値	%	BNI種子の品種特性（耐寒性、耐乾性、日照条件など）と現地の気候・土壌 条件が合致しない農地
5	インフラ未整備エリアの比率	D_{inf}	-	GSMA（移動体通信事業者協会） のモバイルカバレッジマップ、世界銀行 等のインフラ整備率データ	変数/参考値	%	物理的な種子の配送網が届かない農地やスマホや通信ネットワークがなく、 営農データの回収が困難な農地の割合
6	1haあたり窒素肥料投入量 (ベースライン)	f_{n,BSL}	-	FUBC (IFASTAT)	統計データ	kg-N / ha	慣行農法における標準的な施肥量（対象作物：コムギ）
7	1haあたり窒素肥料投入量 (プロジェクト)	f_{n,PRJ}	f_{n,BSL}* (1-60%)	査読付き論文PNAS（JIRCAS, 2021）の実証データ	定数	%	新農法によって最適化（削減）された施肥ターゲット値
8	直接N2O排出係数	EF_1{n,BSL}	-	IPCCガイドライン、各国インベントリ (※IPCCデフォルトの場合)	定数	kg N2O-N / kg N	地域特化のTier 2値がない場合はIPCCのTier 1を適用
9	直接N2O排出係数の削減率	EF_1{n,PRJ}	EF_1{n,BSL}* (1-25%)	査読付き論文PNAS（JIRCAS, 2021）の実証データ	定数	%	新農法によって最適化（削減）された排出削減率
10	N2O地球温暖化係数	GWP_{N2O}	265	日本国温室効果ガスインベントリ報告書 （IPCCの第5次評価報告書 （AR5））	定数	tCO2e / tN2O	適用するクレジット制度のルールに準拠した値を適用
11	窒素→N2O換算係数	44/28	44/28	IPCC評価報告書 (2019)	定数	-	N2OとNのモル質量比

準拠方法論：VM 0042 Methodology for Improved Agricultural Land Management (v2.2), Verra
※本プロジェクトのGHG削減量算定は、現在Verraにおいて正式に有効な最新版であるVM0042 (v2.2)に準拠。なお、現在 v3.0 の策定を進めており、2026年後半に正式発効見込みとなっている

（参考）削減原単位の推計式の導出方法

母数：各国のBNI適用可能小麦面積（SAM）＝
各国の総小麦面積（FAOSTAT）× 有機・低投入ではない面積比率（1－D_org）
× 気候条件が適合する面積比率（1－D_cli）× インフラ上実装可能な面積比率（1－D_inf）

■ 1ha当たり排出削減量（母数を乗じる前の式）

1ha当たり排出削減量＝（従来の肥料量×従来のN2O排出割合－削減後の肥料量×削減後のN2O排出割合）×N2O重量換算係数×CO2換算係数
→EF/ha＝(f_n,BSL * EF_1{n,BSL} - f_n,PRJ * EF_1{n,PRJ}) * (44 / 28) * GWP_N2O

算出対象	削減原単位の算出式を整理したプロセス	各数式の意味
総削減量	$\Delta \text{総削減量} = \Delta \text{SOC} + \Delta \text{N2O} + \Delta \text{FF}$	- 各項目の純削減量 - SOC: 土壌炭素変化量 (BNIでは土壌炭素の蓄積に優位は差はないとして対象外) - N2O: 窒素肥料の純削減量 - FF: 農機等の化石燃料の純削減量（算定困難のため対象外）
1ha当たり排出削減量 (EF/ha)	$\text{EF/ha} = (f_{n,BSL} - f_{n,PRJ}) * EF_1 * (44 / 28) * GWP_{N2O}$	窒素肥料を減らしたことによる、1ha当たりの温室効果ガス（CO2換算）の削減量を計算

個別技術の推計方法 04. アミノ酸バランス改善飼料の給与（1/6）

削減原単位の推計式及び変数一覧（豚、ブロイラー・採卵鶏）

母数：各国の対象家畜の飼養頭数・羽数（FAOSTAT）（N_n）
※対象家畜：豚、採卵鶏、ブロイラー、乳用牛、肉用牛

■ 1頭(羽)当たり排出削減量（母数を乗じる前の式）

1頭(羽)当たり排出削減量 = Σ { (直接N2O排出係数 + 間接N2O排出係数) × (PJ前のふん尿に含まれる窒素排せつ量 - PJ後のふん尿に含まれる窒素排せつ量) × 年間飼養日数 } × 分子量換算 × 地球温暖化係数

→ER = Σn { (EF_{N2O,n} + EF_{N2O,i,n}) × (MA_{BL} - MA_{PJ}) × D_n } × (44/28) × GWP_{N2O}

No.	変数・定数名	記号	固定値	出典	データ種別	単位	備考
1	地球温暖化係数	GWP_{N2O}	265	IPCCの第5次評価報告書（AR5）	定数	tCO2e/tN2O	N2OをCO2換算するための固定値
2	窒素・N2O換算係数	44/28	44/28	方法論 AG-001（各算定式）	定数	-	窒素重量をN2O重量に変換する分子量比
3	直接N2O排出係数	EF_{N2O,n}	-	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	tN2O-N/tN	処理区分ごとに定められた固定値 （今回は農場が単一の処理方法しか行っていないとして、頭数配分を行わない）
4	間接N2O排出係数	EF_{N2O,i,n}	-	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	tN2O-N/tN	揮発割合と大気沈降排出係数から導出される固定値 （今回は農場が単一の処理方法しか行っていないとして、頭数配分を行わない）
5	排せつ物管理区分	n	-	-	-	-	堆肥化、浄化など。排出係数マスタの参照方法 （今回は農場が単一の処理方法しか行っていないとして、頭数配分を行わない）
6	飼養頭数・羽数	N _n	-	FAOSTAT	統計データ	頭 / 羽	対象となる家畜の数
7	標準飼養日数(豚)	D _n	365	常時稼働と仮定	定数	日	常時稼働を前提に年間日数をマスタ化
8	ベースライン窒素量(豚)	MA_{BL}	0.000039	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	tN/頭/日	肥育豚のふんと尿の合計窒素量デフォルト値
9	ベースライン窒素量(豚)	MA_{PJ}	0.000032	-	自動計算 (中間変数)	tN/頭/日	MA _{BL} × (1 - RN / 100)
10	窒素低減率(豚) 切片	-	3.700000	方法論 AG-001（式7）	定数	-	肥育豚の低減率(RN)算出用定数
11	窒素低減率(豚) 傾き	-	7.460000	方法論 AG-001（式7）	定数	-	肥育豚の低減率(RN)算出用定数
12	標準飼養日数(鶏)	D _n	365	常時稼働と仮定	定数	日	常時稼働を前提に年間日数をマスタ化
13	ベースライン窒素量(ブロイラー)	MA_{BL}	0.000001	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	tN/羽/日	ブロイラーの窒素量デフォルト値
14	ベースライン窒素量(ブロイラー)	MA_{PJ}	0.000001	-	自動計算 (中間変数)	tN/羽/日	MA _{BL} × (1 - RN / 100)
15	窒素低減率(鶏) 切片	-	0.640000	方法論 AG-001（式11）	定数	-	ブロイラーの低減率(RN)算出用定数
16	窒素低減率(鶏) 傾き	-	7.250000	方法論 AG-001（式11）	定数	-	ブロイラーの低減率(RN)算出用定数
17	標準飼養日数(採卵鶏)	D _n	365	常時稼働と仮定	定数	日	常時稼働を前提に年間日数をマスタ化
18	ベースライン窒素量(採卵鶏)	MA_{BL}	0.000002	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	tN/羽/日	採卵鶏(成鶏)の窒素量デフォルト値
19	ベースライン窒素量(採卵鶏)	MA_{PJ}	0.000001	-	自動計算 (中間変数)	tN/羽/日	MA _{BL} × (1 - RN / 100)
20	窒素低減率(採卵鶏) 切片	-	3.090000	方法論 AG-001（式15）	定数	-	採卵鶏の低減率(RN)算出用定数
21	窒素低減率(採卵鶏) 傾き	-	5.190000	方法論 AG-001（式15）	定数	-	採卵鶏の低減率(RN)算出用定数

個別技術の推計方法 04. アミノ酸バランス改善飼料の給与（2/6）
（参考）削減原単位の推計式の導出方法（豚、ブロイラー・採卵鶏）

母数：各国の対象家畜の飼養頭数・羽数（FAOSTAT）（N_n）
※対象家畜：豚、採卵鶏、ブロイラー、乳用牛、肉用牛

■ 1頭(羽)当たり排出削減量（母数を乗じる前の式）

1頭(羽)当たり排出削減量 = Σ { (直接N2O排出係数 + 間接N2O排出係数) × (PJ前のふん尿に含まれる窒素排せつ量 - PJ後のふん尿に含まれる窒素排せつ量) × 年間飼養日数 } × 分子量換算 × 地球温暖化係数

→ER = Σn { (EF_N2O,n + EF_N2O,i,n) × (MA_BL - MA_PJ) × Dn } × (44/28) × GWP_N2O

算出対象	削減原単位の算出式を整理したプロセス	各数式の意味
排出削減量 (ER)	ER = EM_{BL}(①) - EM_{PJ} (②)	• ベースライン排出量（EM_{BL}）からプロジェクト実施後排出量（EM_{PJ}）を差し引く
	(①) EM_{BL} = Σn { (EF_N2O,n + EF_N2O,i,n) × MA_BL × Nn × Dn } × (44/28) × GWP_N2O	• 従来の慣用飼料を与え続けたと仮定した場合の、家畜の排せつ物処理から発生する温室効果ガス（一酸化二窒素：N2O）の総排出量（CO2換算）
	(②) EM_{PJ} = Σn { (EF_N2O,n + EF_N2O,i,n) × MA_PJ × Nn × Dn } × (44/28) × GWP_N2O	• アミノ酸バランス改善飼料を与えた場合の、排せつ物処理から発生する温室効果ガス（N2O）の総排出量（CO2換算）
排出削減量 (ER)	ER = Σn { (EF_N2O,n + EF_N2O,i,n) × MA_BL × Nn × Dn } × (44/28) × GWP_N2O - Σn { (EF_N2O,n + EF_N2O,i,n) × MA_PJ × Nn × Dn } × (44/28) × GWP_N2O	• 豚の排出量算出式を分解して整理する
	ER = Σn { (EF_N2O,n + EF_N2O,i,n) × (MA_BL - MA_PJ) × Nn × Dn } × (44/28) × GWP_N2O	• 共通する頭数（Nn）、日数（Dn）、各種係数を括り出して差分をとる
1頭当たり排出削減量 (ER)	ER = Σn { (EF_N2O,n + EF_N2O,i,n) × (MA_BL - MA_PJ) × Dn } × (44/28) × GWP_N2O	• 1頭(羽)当たりの削減原単位を求める式として定義（N = 1とした場合）

■ 1頭当たり排出削減量 (母数を乗じる前の式)

1頭当たり排出削減量 = Σ { (直接N2O排出係数 + 間接N2O排出係数) × (尿中窒素の減少係数 × (ベースライン飼料の粗タンパク質(CP)含有率 - プロジェクト飼料の粗タンパク質(CP)含有率) × 年間飼養日数 } × 分子量換算 × 地球温暖化係数

→ER = Σn { (EF_N2O,n + EF_N2O,i,n) × (16.57 × (CR_BL,CP - CR_PJ,CP) / 1,000,000) × Dn } × (44/28) × GWP_N2O

No.	変数・定数名	記号	固定値	出典	データ種別	単位	備考
1	地球温暖化係数	GWP_{N2O}	265	IPCCの第5次評価報告書 (AR5)	定数	tCO2e/tN2O	N2OをCO2換算するための固定値
2	窒素・N2O換算係数	44/28	44/28	方法論 AG-001 (各算定式)	定数	-	窒素重量をN2O重量に変換する分子量比
3	直接N2O排出係数	EF_{N2O,n}	-	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	tN2O-N/tN	処理区分ごとに定められた固定値 (今回は農場が単一の処理方法しか行っていないとして、頭数配分を行わない)
4	間接N2O排出係数	EF_{N2O,i,n}	-	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	tN2O-N/tN	揮発割合と大気沈降排出係数から導出される固定値 (今回は農場が単一の処理方法しか行っていないとして、頭数配分を行わない)
5	排せつ物管理区分	n	-	-	-	-	堆肥化、浄化など。排出係数マスタの参照方法 (今回は農場が単一の処理方法しか行っていないとして、頭数配分を行わない)
6	飼養頭数・羽数	N_n	-	FAOSTAT	統計データ	頭 / 羽	対象となる家畜の数
7	ベースラインCP含有率	CR_{BL,CP}	-	※差分を2.0%と仮定(BL-PJ)	参考値	%	慣用飼料の粗タンパク質含有率 (プロジェクト実施していないため、参考値を使用)
8	プロジェクトCP含有率	CR_{PJ,CP}	-	※差分を2.0%と仮定(BL-PJ)	参考値	%	アミノ酸バランス改善飼料の粗タンパク質含有率 (プロジェクト実施していないため、参考値を使用)
9	-	CR_{BL,CP}- CR_{PJ,CP}	2.0	※差分を2.0%と仮定(BL-PJ)	参考値	%	採卵鶏の低減率(RN)算出用定数 (プロジェクト実施していないため、参考値を使用)
10	標準飼養日数(乳用牛)	D_n	365	常時稼働と仮定	定数	日	常時稼働を前提に年間日数をマスタ化
11	尿中窒素量 係数(乳用牛)	-	16.570000	方法論 AG-001 (式19, 48)	定数	-	搾乳牛の尿中窒素量算出用定数

(参考) 削減原単位の推計式の導出方法 (乳用牛)

■ 1頭当たり排出削減量 (母数を乗じる前の式)

1頭当たり排出削減量 = Σ { (直接N2O排出係数 + 間接N2O排出係数) × (尿中窒素の減少係数 × (ベースライン飼料の粗タンパク質(CP)含有率 - プロジェクト飼料の粗タンパク質(CP)含有率) × 年間飼養日数 } × 分子量換算 × 地球温暖化係数

→ER = Σn { (EF_N2O,n + EF_N2O,i,n) × (16.57 × (CR_BL,CP - CR_PJ,CP) / 1,000,000) × Dn } × (44/28) × GWP_N2O

算出対象	削減原単位の算出式を整理したプロセス	各数式の意味
排出削減量 (ER)	ER=EM_{BL}(①)-EM_{PJ}(②)	ベースライン排出量 (EM_{BL}) からプロジェクト実施後排出量 (EM_{PJ}) を差し引く
	(①) EM_{BL} = Σn {(EF_N2O,n + EF_N2O,i,n) × MA_BL × Nn × Dn} × (44/28) × GWP_N2O	従来の「慣用飼料」を与え続けたと仮定した場合に、家畜の排せつ物処理から発生する温室効果ガスの総排出量 (CO₂換算)
	(②) EM_{PJ} = Σn {(EF_N2O,n + EF_N2O,i,n) × MA_PJ × Nn × Dn} × (44/28) × GWP_N2O	アミノ酸バランス改善飼料を実際に与えた場合に、排せつ物処理から発生する温室効果ガスの総排出量 (CO₂換算)
排出削減量 (ER)	ER = Σn {(EF_N2O,n + EF_N2O,i,n) × (MA_BL - MA_PJ)(③) × Nn × Dn} × (44/28) × GWP_N2O	共通する頭数 (Nn) 、日数 (Dn) 、各種係数を括り出して差分をとる
排せつ物中窒素量 (MA)の分解	(③) (MA_BL - MA_PJ) = ((N_f,BL + N_u,BL) / 1,000,000) - ((N_f,PJ + N_u,PJ) / 1,000,000) = (N_u,BL - N_u,PJ)(④) / 1,000,000	- 乳用牛の1頭・1日当たりの窒素量 (MA) は、ふん中窒素量 (N_f) と尿中窒素量 (N_u) の合計値となる - プロジェクト前後で給与量 (W_{feed}) が変わらない前提に立つと、給与量のみに依存するふん中窒素量 (N_f) は相殺されてゼロになる ※N_f = 5.01 * W_{feed}^1.2
尿中窒素量(N _u)の差分	(④) (N_u,BL - N_u,PJ) = 16.57 × (CR_BL,CP - CR_PJ,CP)	導入前後のN_uを展開すると、式の切片である定数 -138.6※が相殺されるため、CP含有率 (CR_CP) の差分 × 16.57のみが残る ※N_u = 16.57 × CP含有率(%) - 138.6
1頭当たり排出削減量 (ER)	ER = Σn { (EF_N2O,n + EF_N2O,i,n) × (16.57 × (CR_BL,CP - CR_PJ,CP) / 1,000,000) × Dn } × (44/28) × GWP_N2O	1頭当たりの削減原単位を求める式として定義 (N = 1 とした場合)

■ 1頭当たり排出削減量（母数を乗じる前の式）

1頭当たり排出削減量 = $\sum \{ (\text{直接N}_2\text{O排出係数} + \text{間接N}_2\text{O排出係数}) \times (\text{尿中窒素の減少係数} \times \text{導入前の粗タンパク質(CP)摂取量} - \text{導入後の粗タンパク質(CP)摂取量}) \times \text{年間飼養日数} \} \times \text{分子量換算} \times \text{地球温暖化係数}$
→ $ER = \sum n \{ (EF_N_2O,n + EF_N_2O,i,n) \times (0.24 \times ((W_before,CP / 6.25)^{1.14} - (W_PJ,CP / 6.25)^{1.14}) / 1,000,000) \times Dn \} \times (44/28) \times GWP_N_2O$

No.	変数・定数名	記号	固定値	出典	データ種別	単位	備考
1	地球温暖化係数	GWP_N2O	265	IPCCの第5次評価報告書（AR5）	定数	tCO2e/tN2O	N2OをCO2換算するための固定値
2	窒素・N2O換算係数	44/28	44/28	方法論 AG-001 (各算定式)	定数	-	窒素重量をN2O重量に変換する分子量比
3	直接N2O排出係数	EF_{N2O,n}	-	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	tN2O-N/tN	処理区分ごとに定められた固定値 (今回は農場が単一の処理方法しか行っていないとして、頭数配分を行わない)
4	間接N2O排出係数	EF_{N2O,i,n}	-	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	tN2O-N/tN	揮発割合と大気沈降排出係数から導出される固定値 (今回は農場が単一の処理方法しか行っていないとして、頭数配分を行わない)
5	排せつ物管理区分	n	-	-	-	-	堆肥化、浄化など。排出係数マスタの参照方法 (今回は農場が単一の処理方法しか行っていないとして、頭数配分を行わない)
6	飼養頭数・羽数	N_n	-	FAOSTAT	統計データ	頭 / 羽	対象となる家畜の数
10	標準飼養日数(肉用牛)	D_n	365	常時稼働と仮定	定数	日	常時稼働を前提に年間日数をマスタ化
11	尿中窒素量 係数A(肉用牛)	-	0.240000	方法論 AG-001 (式26, 55)	定数	-	肉用牛の尿中窒素量算出用定数
12	尿中窒素量 係数B(肉用牛)	-	6.250000	方法論 AG-001 (式26, 55)	定数	-	肉用牛の尿中窒素量算出用定数
13	尿中窒素量 指数(肉用牛)	-	1.140000	方法論 AG-001 (式26, 55)	定数	-	肉用牛の尿中窒素量算出用の累乗指数
14	タンパク質(CP)摂取量	W_before,CP W_PJ,CP	-	-	自動算出 (中間変数)	g/頭/日	W_feed × CP含有率（％） 1日あたりに食べるタンパク質の純粋なグラム数
	CP含有率	-	-	IPCCのデフォルト値	参考値	％	飼料中の粗タンパク質含有率 (プロジェクト実施していないため、参考値を使用)
	1日当たり給与量(乾物)	W_{feed}	-	IPCCのデフォルト値	参考値	kg/日	肉用牛の算出にのみ必須の変数 (プロジェクト実施していないため、参考値を使用)

個別技術の推計方法 04. アミノ酸バランス改善飼料の給与 (6/6)

(参考) 削減原単位の推計式の導出方法 (肉用牛)

母数：各国の対象家畜の飼養頭数・羽数 (FAOSTAT) (N_n)
※対象家畜：豚、採卵鶏、ブロイラー、乳用牛、肉用牛

■ 1頭当たり排出削減量 (母数を乗じる前の式)

1頭当たり排出削減量 = $\sum \{ (直接N2O排出係数 + 間接N2O排出係数) \times (尿中窒素の減少係数 \times 導入前の粗タンパク質(CP)摂取量 - 導入後の粗タンパク質(CP)摂取量) \times 年間飼養日数 \} \times 分子量換算 \times 地球温暖化係数$
→ $ER = \sum n \{ (EF_N2O,n + EF_N2O,i,n) \times (0.24 \times (W_before,CP / 6.25)^{1.14} - (W_PJ,CP / 6.25)^{1.14}) / 1,000,000 \} \times Dn \} \times (44/28) \times GWP_N2O$

算出対象	削減原単位の算出式を整理したプロセス	各数式の意味
排出削減量 (ER)	$ER = EM_{\{BL\}} (①) - EM_{\{PJ\}} (②)$ $(①) EM_{BL} = \sum n \{ (EF_N2O,n + EF_N2O,i,n) \times MA_{BL} \times Nn \times Dn \} \times (44/28) \times GWP_N2O$ $(②) EM_{PJ} = \sum n \{ (EF_N2O,n + EF_N2O,i,n) \times MA_{PJ} \times Nn \times Dn \} \times (44/28) \times GWP_N2O$	- ベースライン排出量 (EM_{BL}) からプロジェクト実施後排出量 (EM_{PJ}) を差し引く - 従来の慣用飼料を与え続けたと仮定した場合の温室効果ガス総排出量 - アミノ酸バランス改善飼料を与えた場合の温室効果ガス総排出量
排出削減量 (ER)	$ER = \sum n \{ (EF_N2O,n + EF_N2O,i,n) \times (MA_{BL} - MA_{PJ})(③) \times Nn \times Dn \} \times (44/28) \times GWP_N2O$	共通する頭数 (Nn)、日数 (Dn)、各種係数を括り出して差分をとる
排せつ物中窒素量 (MA)の分解	$(③) (MA_{BL} - MA_{PJ}) = ((N_{f,BL} + N_{u,BL}) / 1,000,000) - ((N_{f,PJ} + N_{u,PJ}) / 1,000,000) = (N_{u,BL} - N_{u,PJ})(④) / 1,000,000$	- 肉用牛の1頭・1日当たりの窒素量 (MA) は、ふん中窒素量 (N_f) と尿中窒素量 (N_u) の合計値となる - プロジェクト前後で給与量 (W_feed) が変わらない前提に立つと、給与量のみ依存するふん中窒素量 (N_f) は相殺されてゼロになる ※ $N_f = 5.01 \times W_feed^{1.2}$
尿中窒素量(N_u)の差分	$(④) (N_{u,BL} - N_{u,PJ}) = 0.24 \times (W_before,CP / 6.25)^{1.14} - 0.24 \times (W_PJ,CP / 6.25)^{1.14}$	肉用牛の尿中窒素量の式を展開。W_CPは1日当たりのCP重量(g)
1頭当たり排出削減量 (ER)	$ER = \sum n \{ (EF_N2O,n + EF_N2O,i,n) \times (0.24 \times (W_before,CP / 6.25)^{1.14} - (W_PJ,CP / 6.25)^{1.14}) / 1,000,000 \} \times Dn \} \times (44/28) \times GWP_N2O$	1頭当たりの削減原単位を求める式として定義 (N = 1 とした場合) 給与量 (W_feed) の変数が残る

1頭当たり排出削減量（母数を乗じる前の式）

1頭当たり排出削減量 = （PJ前の飼養日数 × PJ前の1日当たりGHG排出量 ×PJ後の枝肉重量/PJ前の枝肉重量） − （PJ後の飼養日数 × PJ後の1日当たりGHG排出量）
→ER/head = (D_before × E_BL × (W_PJ / W_before)) - (D_PJ × E_PJ)

No.	変数・定数名	記号	固定値	出典	データ種別	単位	備考
1	飼養頭数	N	-	FAOSTAT Meat Cattle	統計データ	頭	プロジェクト実施前の対象出荷頭数
2	ベースライン飼養日数	D_before	-	地域別に仮置き（APPENDIX参照）	参考値	日	プロジェクト実施前の日報等で計測した日数
3	ベースライン枝肉重量	W_before	-	FAOSTAT Yield	参考値	kg	プロジェクト実施前の出荷記録に基づく枝肉重量
4	プロジェクト飼養日数	D_PJ	5%	文献等（BLからの削減率を仮置き）	参考値	-	バイパスアミノ酸給与後の日報等で計測した日数
5	プロジェクト枝肉重量	W_PJ	3%	文献等（BLからの増加率を仮置き）	実績値	-	バイパスアミノ酸給与後の出荷記録に基づく枝肉重量
E = E_{EF,CH4} + E_{MM,CH4} + E_{MM,N2O}							
A	消化管内発酵由来CH4	(E_{EF,CH4})	-	-	自動算出	tCO2	Y / L_CH4 × Mol_CH4 × GWP_CH4 / 1000 ※Y = -17.776 + 42.793 × DMI - 0.849 × DMI^2
	ベースライン乾物摂取量	DMI_before	-	IPCCの1頭当たり重量から逆算して推計	実績値	kg/日	プロジェクト実施前の1日当たり飼料の平均重量
	プロジェクト乾物摂取量	DMI_PJ	0 (増加分)	文献等（BLからの増加分を仮置き）	実績値	kg/日	バイパスアミノ酸給与後の1日当たり飼料の平均重量
	CH4 1molの体積	L_CH4	22.4	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	l/mol	消化管内発酵のCH4発生量を重量換算する係数
	CH4 分子量	Mol_CH4	0.016	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	kg/mol	消化管内発酵のCH4発生量を重量換算する係数
	地球温暖化係数(CH4)	GWP_CH4	28	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	tCO2/tCH4	CH4をCO2換算するための固定値
B	排せつ物処理由来	CH4 (E_{MM,CH4})	-	-	自動算出	tCO2	EF_CH4,n × AM × CN × GWP_CH4 / 1000
	CH4排出係数	EF_CH4,n	0.0013	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	kgCH4/kg有機物	処理区分nごとに定められた固定値 （今回は農場が単一の処理方法（堆積発酵）しか行っていないとする）
	排せつ物量	AM	-	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	kg/頭/日	肉用牛の種類ごと（肥育牛・雌雄等）のデフォルト値 ※推計では、AM×CN=VS(IPCCの数値)を代用
	有機物含有率	CN	-	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	%	排せつ物中の有機物含有率（ふん・尿別） ※推計では、AM×CN=VS(IPCCの数値)を代用
	地球温暖化係数(CH4)	GWP_CH4	28	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	tCO2/tCH4	CH4をCO2換算するための固定値
C	排せつ物処理由来	N2O (E_{MM,N2O})	-	-	自動算出	tCO2	(EF_direct,n + EF_indirect,n) × (MN / 10^6) × (44/28) × GWP_N2O
	直接N2O排出係数	EF_direct,n	0.016	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	tN2O-N/tN	処理区分nごとに定められた固定値 （今回は農場が単一の処理方法（堆積発酵）しか行っていないとする）
	間接N2O排出係数	EF_indirect,n	0.002689	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	tN2O-N/tN	揮発割合と大気沈降排出係数から算出される固定値 （今回は農場が単一の処理方法（堆積発酵）しか行っていないとする）
	排せつ物中窒素量	MN	-	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	gN/頭/日	肉用牛の種類ごと（肥育牛・雌雄等）のデフォルト値
	地球温暖化係数(N2O)	GWP_N2O	265	日本国温室効果ガスインベントリ報告書	定数	tCO2/tN2O	N2OをCO2換算するための固定値

準拠方法論：AG-006 肉用牛へのバイパスアミノ酸の給与、Jクレジット

（参考）削減原単位の推計式の導出方法

■ 1頭当たり排出削減量（母数を乗じる前の式）

1頭当たり排出削減量 = (PJ前の飼養日数 × PJ前の1日当たりGHG排出量 × PJ後の枝肉重量/PJ前の枝肉重量) - (PJ後の飼養日数 × PJ後の1日当たりGHG排出量)
→ER/head = (D_before × E_BL × (W_PJ / W_before)) - (D_PJ × E_PJ)

算出対象	削減原単位の算出式を整理したプロセス	各数式の意味
排出削減量 (ER)	ER = EM_{BL} (①) - EM_{PJ} (②)	ベースライン排出量 (EM_{BL}) からプロジェクト実施後排出量 (EM_{PJ}) を差し引く
	(①) EM_{BL} = \sum m,n,s \{ (N_{before} \times D_{before} \times E_{BL}) \times (W_{BL} / W_{before}) \}	- 従来の飼料を与えたと仮定した場合のGHG総排出量 - m, s (月齢・品種)、n (排せつ物の管理)
	(②) EM_{PJ} = \sum m,n,s (N_{PJ} \times D_{PJ} \times E_{PJ})	バイパスアミノ酸を加えた飼料を実際に与えた場合のGHG総排出量
(代入して整理)	ER = \sum m,n,s [\{ (N_{before} \times D_{before} \times E_{BL}) \times (W_{PJ} / W_{before}) \} - (N_{PJ} \times D_{PJ} \times E_{PJ})]	ベースラインの枝肉重量 (W_{BL}) は、プロジェクト実施後の枝肉重量 (W_{PJ}) と同量として評価するため置き換える (W_{PJ} = W_{BL})
1頭当たり排出削減量 (ER/head)	ER/head = (D_{before} \times E_{BL} (③) \times (W_{PJ} / W_{before})) - (D_{PJ} \times E_{PJ}(③))	- プロジェクト対象の1頭 (N=1) に焦点を当てて簡略化した式 - ベースラインの日数・排出量に枝肉の増加割合を掛けたものから、実際の日数・排出量を引いて求める
1日当たりGHG排出量 (E_{BL} / E_{PJ})	(③) E = E_{EF,CH4} + E_{MM,CH4} + E_{MM,N2O}	1頭が1日に排出するGHGの合計 - 以下のA + B + Cの排出源の合算で構成される (ベースライン・プロジェクト共通構造)
A 消化管内発酵由来 CH4 (E_{EF,CH4})	Y / L_{CH4} \times Mol_{CH4} \times GWP_{CH4} / 1000 ※Y = -17.776 + 42.793 \times DMI - 0.849 \times DMI^2	牛のゲップからのメタン排出量をCO2換算で求める
B 排せつ物処理由来 CH4 (E_{MM,CH4})	EF_{CH4,n} \times AM \times CN \times GWP_{CH4} / 1000	ふん尿の処理過程でのメタン排出量をCO2換算で求める
C 排せつ物処理由来 N2O (E_{MM,N2O})	(EF_{direct,n} + EF_{indirect,n}) \times (MN / 10^6) \times (44/28) \times GWP_{N2O}	ふん尿の処理過程での一酸化二窒素排出量をCO2換算で求める

削減原単位の推計式及び変数一覧

■ 1頭当たり排出削減量（母数を乗じる前の式）

1頭当たり排出削減量 = { [1日当たり総エネルギー摂取量 × (メタン転換係数) × 飼養日数] / メタンのエネルギー含有量 × 腸内メタン削減係数 × 地球温暖化係数 }
－ Σ 製造・輸送に伴うプロジェクト排出量
→ER/head = Σ { [GEI_j × (Ym_j / 100) × Days_{i,j}] / EC × ERF_{Enteric,j} × GWP × 1/1000 } - Σ EFME_i

No.	変数・定数名	記号	固定値	出典	データ種別	単位	備考
1	総エネルギー摂取量	GEI _j	-	自動計算 (DMI _j × ED)	自動計算 (中間変数)	MJ/頭/日	1頭・1日当たりの総エネルギー摂取量
	1日当たり乾物摂取量	DMI _j	-	IPCCの1頭当たり重量から 逆算して推計	変数/参考値	kg/頭/日	GEIを算出するためのベースとなる給与量（乾物ベース）
	乾物エネルギー密度	ED	18.45	方法論 VM0041	定数	MJ/kg	飼料の脂肪分に応じたデフォルト値（4%未満なら18.45） ※全体を4%未満と仮定
2	メタン転換係数	Ym _j	-	国別インベントリ ※IPCCの参考値を使用	定数/参考値	%	摂取エネルギーがメタンに変わる割合（国や飼料品質等により変動）
3	飼養頭数	N _{i,j}	-	FAOSTAT	統計データ	頭	対象となるグループ（牛、水牛）ごとの平均飼養頭数
4	飼養日数	Days _{i,j}	365	年間を通しての稼働と仮定	変数	日	プロジェクト実施期間中の給与日数（常時稼働なら365など）
5	メタンエネルギー含有量	EC	55.65	2006 IPCCガイドライン	定数	MJ/kg	メタンの物理的なエネルギー含有量の固定値
6	添加物のメタン削減率	ERF _{Enteric,j}	10%	文献等	変数	%	添加物によるメタン削減割合（本算定の最重要コア変数）
7	地球温暖化係数	GWP	28	IPCC 第5次評価報告書 (AR5：2014年発行)	定数	tCO2e/tC H4	CH4をCO2換算するための固定値（IPCC 第5次評価報告書（AR5）の GWP値を使用することが公式に合意されている）
8	製造・輸送排出量	EFME _i	- (Appendix参照)	文献、LCAデータ等から推 計	変数	tCO2e/頭	添加物の製造・輸送に関するペナルティ排出量（添加物当たり換算）
9	年間添加物摂取量(1 頭当)	-	0.01825	仮定値（0.05 kg/日想 定）	仮定値	t/頭/年	牛一頭が1年間に食べる添加物の量

（参考）削減原単位の推計式の導出方法

■ 1頭当たり排出削減量（母数を乗じる前の式）

1頭当たり排出削減量 = { [1日当たり総エネルギー摂取量 × (メタン転換係数) × 飼養日数] / メタンのエネルギー含有量 × 腸内メタン削減係数 × 地球温暖化係数 }
－ Σ 製造・輸送に伴うプロジェクト排出量
→ER/head = Σ { [GEI_j × (Ym_j / 100) × Daysi_j] / EC × ERF_Enter_{i,j} × GWP × 1/1000 } - Σ EFME_i

算出対象	削減原単位の算出式を整理したプロセス	各数式の意味
排出削減量 (ER)	ER_Enter _i = Σ (BE_Enter _i (①) - PE_Enter _i (②))	ベースライン排出量 (BE_{Enter_i}) からプロジェクト実施後排出量 (PE_{Enter_i}) を差し引く
	(①) BE_Enter _i = Σ { [GEI _j × (Ym _j / 100) × Ni _j × Daysi _j] / EC × (GWP / 1000) }	従来の慣用飼料を与え続けたと仮定した場合に、牛の腸内発酵から発生するメタン (CH₄) の総排出量 (CO₂換算)
	(②) PE_Enter _i = Σ { [GEI _j × (Ym _j / 100) × Ni _j × Daysi _j] / EC × (GWP / 1000) × (1 - ERF_Enter _{i,j}) } + EFME _i	- プロジェクトとしてメタン削減飼料添加物を実際に与えた場合の腸内メタン排出量に、添加物の製造・輸送に伴う排出量 (EFME_i) を加えた総排出量 (CO₂換算) - ERF_Enter_i: 添加物の削減率
排出削減量 (ER)	ER_Enter _i = Σ { BE_Enter _i - (BE_Enter _i × (1 - ERF_Enter _i) + EFME _i) }	メソドロジーの排出量算出式をベースライン・プロジェクトの基本構造に当てはめて整理
排出削減量 (ER)	ER_Enter _i = Σ (BE_Enter _i × ERF_Enter _i) - Σ EFME _i	式を展開し、共通するベースライン排出量を括り出して相殺
1頭当たりの排出削減量 (ER/head)	ER/head = Σ { [GEI _j × (Ym _j / 100) × Daysi _j] / EC × ERF_Enter _{i,j} × (GWP / 1000) } - Σ EFME _i	- プロジェクト対象の1頭 (N=1) に焦点を当てて簡略化した式 - 牛の腸内発酵からの直接的なメタン削減分の式から、製造・輸送ペナルティ (EFME_i) を差し引いた、正味の排出削減量

APPENDIX.

AWDの母数の算出に際しては、AQUASTATベース、FAOSTATで上限補正を行ったが、以下のアフリカ3か国（ナイジェリア、コートジボワール、セネガル）については、学術論文により直近の実数値が示されているため、該当データに準拠した。

<ナイジェリア> 灌漑率：17.0%

出典：Ugalahi, U. B., Adeoye, S. O., & Agbonlahor, M. U. (2016). Irrigation potentials and rice self-sufficiency in Nigeria: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 11(5), 298–309.

リンク：<<https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/0A6F6CF57016>>

<コートジボワール> 灌漑率：4.0%

出典：Yao, I., Beillard, M. J., & Galloway, J. D. (2026). *Grain and Feed Annual – 2026: Côte d'Ivoire* (Report No. IV2026-0003). U.S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service.

リンク：<https://www.fas.usda.gov/data/gain-report/2026/04/Grain%20and%20Feed%20Annual_Accra_Cote%20d%27Ivoire_IV2026-0003.pdf>

<セネガル> 灌漑水田面積：24万ha

出典：Faye, O. N., Sock, M., Oh, J.-H., Kim, W.-J., Lee, J.-R., Ahn, E.-K., Manneh, B., & Kang, K.-H. (2020). Status of rice cultivation and breeding in Senegal. *Journal of the Korean Society of International Agriculture*, 32(4), 381–389.

リンク：

<[https://www.bing.com/ck/a?!&&p=36d4e29345b6ddb982804d7bcb776a96e16d3699293ac1cdf757f3e8b4e3a0e4JmltdHM9MTc4OTUxNjgwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=2a1f9b4d-1d0e-6ca4-3718-](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=36d4e29345b6ddb982804d7bcb776a96e16d3699293ac1cdf757f3e8b4e3a0e4JmltdHM9MTc4OTUxNjgwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=2a1f9b4d-1d0e-6ca4-3718-8d511ce46d0a&psq=Status+of+Rice+Cultivation+and+Breeding+in+Senega&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cucmVzZWFiY2hnYXRlM5ldC9wcm9maWxlL0ZheWUtT21hci1OZGF3LTlvcHVibGljYXRpb24vMzQ4MjcwNjg1X1N0YXR1c19vZl9SaWNIX0N1bHRpdmF0aW9uX2FuZF9CcmVIZGluZ19pbl9TZW5lZ2FsL2xpbmtdLzVmZmMyMDk5Mjk5YmYxNDA4ODg4YTFiMi9TdGF0dXMtb2YtUmljZS1DdWx0aXZhdGlvi1hbmQtQnJlZWVpbnRpbmctaW4tU2VuZWdhbC5wZGY)

[8d511ce46d0a&psq=Status+of+Rice+Cultivation+and+Breeding+in+Senega&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cucmVzZWFiY2hnYXRlM5ldC9wcm9maWxlL0ZheWUtT21hci1OZGF3LTlvcHVibGljYXRpb24vMzQ4MjcwNjg1X1N0YXR1c19vZl9SaWNIX0N1bHRpdmF0aW9uX2FuZF9CcmVIZGluZ19pbl9TZW5lZ2FsL2xpbmtdLzVmZmMyMDk5Mjk5YmYxNDA4ODg4YTFiMi9TdGF0dXMtb2YtUmljZS1DdWx0aXZhdGlvi1hbmQtQnJlZWVpbnRpbmctaW4tU2VuZWdhbC5wZGY](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=36d4e29345b6ddb982804d7bcb776a96e16d3699293ac1cdf757f3e8b4e3a0e4JmltdHM9MTc4OTUxNjgwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=2a1f9b4d-1d0e-6ca4-3718-8d511ce46d0a&psq=Status+of+Rice+Cultivation+and+Breeding+in+Senega&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cucmVzZWFiY2hnYXRlM5ldC9wcm9maWxlL0ZheWUtT21hci1OZGF3LTlvcHVibGljYXRpb24vMzQ4MjcwNjg1X1N0YXR1c19vZl9SaWNIX0N1bHRpdmF0aW9uX2FuZF9CcmVIZGluZ19pbl9TZW5lZ2FsL2xpbmtdLzVmZmMyMDk5Mjk5YmYxNDA4ODg4YTFiMi9TdGF0dXMtb2YtUmljZS1DdWx0aXZhdGlvi1hbmQtQnJlZWVpbnRpbmctaW4tU2VuZWdhbC5wZGY)>

個別技術の推計方法 02. バイオ炭の農地施用

参考値 - 有機炭素含有率 (C_{org})

バイオ炭の原材料別の有機炭素含有率 (C_{org}) の値は、下表の通り各種先行研究を参照し、妥当な数値レンジを特定の上、代表的かつ保守的な数値を仮定値として置いている。

作物	対象残渣	C _{org} の値	根拠概要	出典URL
米	もみ殻 (Rice husk)	0.4	34.0–40.8%程度。600℃で38.4 wt%の報告。灰分・シリカが高く、他残渣より低め。	https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12802863/ https://www.mdpi.com/2077-0472/11/5/432
小麦	麦わら (Wheat straw)	0.6	少なくとも67.2–73.0%程度の報告を確認。60%は明確に保守的。	https://link.springer.com/article/10.1007/s10973-025-14766-9 https://www.agriculturejournals.cz/artkey/rae-202001-0002_pyrolysis-of-wheat-and-barley-straw.php
トウモロコシ	芯 (Corn cob)	0.75	比較試験では約58–80%超。コーンコブは農業残渣の中で高い炭素率を示す報告が多く、80%前後の例あり。	https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ep.12838 https://dergipark.org.tr/en/pub/ankutbd/article/1475175
サトウキビ	バガス (Sugarcane bagasse)	0.7	600℃付近で73.6–76.5%の報告。レビューではさらに高い値の報告例もあり、70%はやや保守的。	https://www.vurupsk.ru/upload/iblock/dc9/fe2brprqumhkh0zab7e4k9jq50a6hrl9/3.Final-optimized-manuscript.pdf https://people.clas.ufl.edu/azimmer/files/Publication-pdf/Inyang10_Biochar-from-anaerobically-digested-sugarcane-bagasse.pdf
アブラヤシ	EFB / PKS	0.7	EFB は概ね54–67%程度、PKS は概ね67–74%程度。両者をまとめて70%と置くなら、PKS寄り又は混合前提なら説明可能。	https://link.springer.com/article/10.1007/s42247-023-00603-y https://www.researchgate.net/publication/335588078_PALM_KERNEL_SHELL_BIOCHAR_PRODUCTION_CHARACTERISTICS_AND_CARBON_SEQUESTRATION_POTENTIAL https://www.mdpi.com/1996-1073/3/7/1344
ひまわり	茎・葉、または殻 (Sunflower residues)	0.65	茎由来は固定炭素64–72%、殻由来はC 78.30%または固定炭素77–84%の報告。BCDの茎・葉前提では65%が保守的。	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165237025001640 https://www.mdpi.com/2071-1050/16/24/11234 https://www.international-agrophysics.org/pdf-126762-54818?filename=New+biochars+from.pdf
ごま	ごまわら・茎 (Sesame straw/stalk)	0.65	Sesame straw biochar は300–600℃でC 58.1–72.6%。600℃では72.6%、ZnCl ₂ 活性化では74.1%。	https://www.researchgate.net/profile/Yong-Sik-Ok/publication/277780892_Evaluation_of_phosphorus_adsorption_capacity_of_sesame_straw_biochar_on_aqueous_solution_influence_of_activation_methods_and_pyrolysis_temperatures/links/5599c30608ae99aa62cc6d64/Evaluation-of-phosphorus-adsorption-capacity-of-sesame-straw-biochar-on-aqueous-solution-influence-of-activation-methods-and-pyrolysis-temperatures.pdf?origin=scientificContributions https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/26395940.2024.2387680
大豆	大豆わら・茎葉 (Soybean straw/stover)	0.75	Soybean straw biochar は400–600℃でC 69.81–76.33%。温度上昇でC含有率が上がる。	https://arabjchem.org/preparation-of-biochar-from-pyrolysis-of-soybean-straw-at-different-pyrolysis-temperature-for-cadmium-removal-from-wastewater-and-pyrolysis-gas-investigation/ https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165237024000202
豆類	豆類わら・茎 (Pulse straw/stems)	0.72	直接の作物横断値は限定的。pigeon pea stalk proxy ではderived biocharのCが76.17–88.43%。豆類一般には保守的に72%。	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666790821000616 https://www.mdpi.com/2071-1050/15/19/14394
キャッサバ	茎・加工残渣 (Cassava stem/peel proxy)	0.58	Cassava stem biochar の stable carbon 58.46%の報告。cassava stem feedstock自体はC 49.5 wt%。	https://www.researchgate.net/publication/356679519_Applying_Cassava_Stems_Biochar_Produced_from_Agronomical_Waste_to_Enhance_the_Yield_and_Productivity_of_Maize_in_Unfertile_Soil https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S258929912030046X
じゃがいも	茎葉・残渣 (Potato residues/vines)	0.45	Potato stem biochar は600℃でC 44.62%の報告。農業残渣の中でも低めに置くのが安全。	https://www.international-agrophysics.org/pdf-126762-54818?filename=New+biochars+from.pdf https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X22005268
大麦	大麦わら (Barley straw)	0.6	Barley straw char は600℃付近でC 67.0 mass%の報告。60%は保守的。	https://www.agriculturejournals.cz/artkey/rae-202001-0002_pyrolysis-of-wheat-and-barley-straw.php https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20203152820
ソルガム	茎・ストーパー (Sorghum stalk/stover)	0.6	Sorghum straw/bagasse のバイオ炭研究はあるが、C _{org} 直接値の取得は限定的。sweet sorghum bagasse は温度上昇で固定炭素等が増加。	https://www.nature.com/articles/s41598-022-08591-5 https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=334482 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589299123000174
草地/牧草	余剰牧草・草刈り残渣 (Grassland/pasture biomass)	0.55	草本系・牧草系は木質よりC _{org} が低くなりやすい。herbaceous fibre biochar は600/800℃で60 wt%以上との報告、草地原料は灰分等に注意。	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165237025000579 https://www.mdpi.com/1996-1073/16/4/1896 https://biochartoday.com/news/biochar-from-biorefined-herbaceous-fiber-high-carbon-content-above-60-wt-and-low-contaminant-levels/

個別技術の推計方法 02. バイオ炭の農地施用

参考値 – プロジェクト排出量 (E_project)

バイオ炭の製造・輸送等のサプライチェーン全体で発生する排出量（プロジェクト排出量（E_project））の値は、下表の通り各種先行研究を参照し、妥当な数値レンジを特定の上、代表的かつ保守的な数値を仮定値として置いている。

変数	変数名	仮定値	単位	根拠概要	出典URL
EM_collection_factor	Collection emission factor	0.010tCO ₂ /t-biochar		文献推定値（分解配賦）。Puroでは biomass sourcing に collection / supply を含む。森林残材バイオ炭LCAで上流工程が計上されるため、そのうち収集・現地ハンドリングの二次的寄与を代表値 0.01 として切り出した。直接観測値ではない。	https://7518557.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/7518557/Puro%20Biochar%20Methodology%20-%20Edition%202025%20%28version%20%29%20-%20For%20Publication.pdf https://corrim.org/wp-content/uploads/2020/01/Biochar-produced-from-forest-residues-using-portable-systems.pdf https://mn.gov/frc/assets/fpl_2012_reed001_tcm1162-532321.pdf
EM_preprocess_factor	Preprocess emission factor	0.020tCO ₂ /t-biochar		文献推定値（分解配賦）。Puroでは biomass sourcing に processing / preprocessing を含む。破碎・選別・乾燥・含水調整は必要だが、自己熱利用を前提とする標準的バイオ炭アーキタイプでは主炭化工程よりは小さい前段負荷として 0.02 を採用。直接観測値ではない。	https://7518557.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/7518557/Puro%20Biochar%20Methodology%20-%20Edition%202025%20%28version%20%29%20-%20For%20Publication.pdf https://corrim.org/wp-content/uploads/2020/01/Biochar-produced-from-forest-residues-using-portable-systems.pdf https://mn.gov/frc/assets/fpl_2012_reed001_tcm1162-532321.pdf
EM_transport_feedstock_factor	Feedstock transport emission factor	0.010tCO ₂ /t-biochar		文献推定値。Puroでは biomass sourcing に first gathering point から facility gate までの輸送を含む。短～中距離の陸送を前提に、数kg～十数kgCO ₂ e/t級の代表値として 0.01 を採用。長距離海上輸送は範囲外。	https://7518557.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/7518557/Puro%20Biochar%20Methodology%20-%20Edition%202025%20%28version%20%29%20-%20For%20Publication.pdf https://researchrepository.ucd.ie/rest/bitstreams/17652/retrieve https://corrim.org/wp-content/uploads/2020/01/Biochar-produced-from-forest-residues-using-portable-systems.pdf
EM_process_factor	Process emission factor	0.030tCO ₂ /t-biochar		文献推定値。Puroでは biochar production に energy inputs, stack emissions, materials, waste treatment を含む。バイオ炭は発生ガスの内部燃焼により外部エネルギーを抑えるため、主工程 proxy として 0.03 を採用。直接観測値ではない。	https://mn.gov/frc/assets/fpl_2012_reed001_tcm1162-532321.pdf https://7518557.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/7518557/Puro%20Biochar%20Methodology%20-%20Edition%202025%20%28version%20%29%20-%20For%20Publication.pdf https://corrim.org/wp-content/uploads/2020/01/Biochar-produced-from-forest-residues-using-portable-systems.pdf
EM_transport_product_factor	Product transport emission factor	0.010tCO ₂ /t-biochar		文献推定値。Puroでは biochar end-use に packaging, transport, incorporation を含む。製品輸送は原料輸送と同オーダーの短～中距離陸送を想定し 0.01 を採用。長距離輸出や海上輸送は未計上。	https://7518557.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/7518557/Puro%20Biochar%20Methodology%20-%20Edition%202025%20%28version%20%29%20-%20For%20Publication.pdf https://researchrepository.ucd.ie/rest/bitstreams/17652/retrieve https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/pdf2022/fpl_2022_bergman001.pdf
EM_auxiliary_factor	Auxiliary emission factor	0.005tCO ₂ /t-biochar		工程比率ベースの推定値。Puroでは production/use に blower, auger, feeding, controls, small fuel start-up, consumables 等が現れる。主工程排出係数の一部として補機・補助系を小さく切り出し 0.005 を採用。直接観測値ではない。	https://7518557.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/7518557/Puro%20Biochar%20Methodology%20-%20Edition%202025%20%28version%20%29%20-%20For%20Publication.pdf https://corrim.org/wp-content/uploads/2020/01/Biochar-produced-from-forest-residues-using-portable-systems.pdf https://biochar-us.org/sites/default/files/presentations/USFS_USBI-CharBoss-LCA-Report-FEB-29-2024-FINAL.pdf

個別技術の推計方法 05. バイパスアミノ酸の給与
参考値 – ベースライン飼養日数（D_before）

IPCCガイドラインの地域区分および各地域の標準的な畜産システムに基づき、以下の仮定値を一律で適用

IPCC 地域区分 (Region)	農業システム・飼育環境の特長	ベースライン飼養日数
Western Europe (北米含む)	【穀物肥育・早期出荷型】 集約的な施設（フィードロット等）での高カロリー飼料給餌により、極めて短期間で出荷されるモデル	500 日
Eastern Europe	【移行型・混合飼育モデル】 西欧的な集約型と伝統的な小規模農業が混在しており、西欧と比較してやや出荷までの期間が長い	600 日
Latin America Oceania Asia	【放牧主導 / アジア混合型】 広大な土地を活かした牧草飼育（グラスフェッド）主体、またはアジア特有の小規模農家による長期飼育モデル	900 日
Africa Middle East	【低投入・自然依存型】 厳しい気候条件と低栄養な粗飼料への依存度が高く、成長スピードが遅い	1000 日
Indian Subcontinent	【低投入・副産物利用・多目的型】 栄養価の低い農業副産物への依存が極めて高く、役牛利用等の文化的背景も相まって世界で最も出荷月齢が遅い	1200 日

出典：地域分類は「2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Chapter 10」に準拠。各地域の日数については、対象地域の標準的な飼養体系（Feedlot, Grazing等）に関する一般的な知見に基づく推計

個別技術の推計方法 06. 飼料添加物（カシューナッツ殻液）の給与

参考値－製造・輸送排出量（EFME_i）

添加物の製造・輸送に関する排出量（製造・輸送排出量（EFME_i））の値は、下表の通り各種先行研究を参照し、妥当な数値レンジを特定の上、代表的かつ保守的な数値を仮定値として置いている。

段階	変数	変数名	仮定値	単位	根拠概要	出典URL
1. Sourcing	EM_collection_factor	Collection emission factor	0.10tCO2e/t-additive		低いがゼロではない調達負荷として0.10を採用する。殻は主産物ではないが、収集・集約には負荷が伴う。採用値は、殻の廃棄時排出量として引用される値の桁に合わせている。	https://www.cargohandbook.com/Cashew_nutshell_liquid https://www.technoserve.org/wp-content/uploads/2020/05/TechnoServe-Cashew-shells-for-energy.pdf https://johnnycashew.com/wp-content/uploads/2023/06/Johnny-cashew-Final-Report.pdf
1. Sourcing	EM_preprocess_factor	Preprocess emission factor	0.20tCO2e/t-additive		中程度の前工程係数として0.20を設定する。主工程である抽出・ブレンド・ペレット化より小さいが、油分回収の前に殻を調整する必要があるため、無視できない水準とする。	https://krishikosh.egranth.ac.in/server/api/core/bitstreams/eb597f82-6aaa-4478-a514-659fad2082ee/content https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852402002717 https://repo.ijert.org/index.php/ijert/article/download/192/180/357
1. Sourcing	EM_transport_feedstock_factor	Feedstock transport emission factor	0.20tCO2e/t-additive		加工業者からCNSL抽出・ブレンド施設までの短～中距離の内陸物流について、意図的に保守的な代理値として0.20を使用する。	https://www.ecta.com/wp-content/uploads/2021/03/ECTA-CEFIC-GUIDELINE-FOR-MEASURING-AND-MANAGING-CO2-ISSUE-1.pdf https://www.cn.ca/repository/popups/ghg/Carbon-Calculator-Emission-Factors https://globalgoals.goldstandard.org/standards/450_V1.0_Tool-2-Emissions-from-freight-transportation.pdf
2. Processing	EM_process_factor	Process emission factor	1.30tCO2e/t-additive		熱によるCNSL抽出と、後段のブレンド・ペレット化をカバーする主要係数として1.30を採用する。意図的に最大の構成要素とし、保守的なホットスポット配分の中心とする。	https://agrojournal.org/22/04-17.pdf https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852402002717 https://corrim.org/wp-content/uploads/2017/12/Impacts_of_Pellet_Mfr_in_SE_US.pdf
2. Processing	EM_auxiliary_factor	Auxiliary emission factor	0.20tCO2e/t-additive		コア工程係数の約15%（1.30に対し0.20）に設定する。搬送、ファン、ユーティリティ、包装、工場共通の電力・蒸気を体系的に見込んだ引当とする。	https://www.africancashewalliance.com/sites/default/files/documents/equipment_study_ab_pdf_final_13_9_2011.pdf https://www.technoserve.org/wp-content/uploads/2020/05/TechnoServe-Cashew-shells-for-energy.pdf https://agrojournal.org/22/04-17.pdf
3. Product transport	EM_transport_product_factor	Product transport emission factor	0.50tCO2e/t-additive		アジアの原産地から遠方の畜産市場（例：中南米）へ輸出する添加剤について、海上輸送と内陸配送を合わせた保守的な係数として0.50を使用する。実測した出荷平均値とは位置付けない。	https://johnnycashew.com/wp-content/uploads/2023/06/Johnny-cashew-Final-Report.pdf https://www.cn.ca/repository/popups/ghg/Carbon-Calculator-Emission-Factors https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2014/12/shipping-emissions-in-ports_g17a26d0/5jrw1k83r1-en.pdf

(別紙) 森林分野（REDD+、植林）のGHG排出削減・吸収ポテンシャル推計方法及びデータ出典

各国の年間排出削減・年間吸収ポテンシャル計算式： ① REDD+ ＝NDC等の政策文書におけるREDD+による排出削減目標 （排出削減目標が無い場合は、下記を使用） ＝報告又は検証されたREDD+排出削減実績量 ② 植林： ＝各国の植林による吸収目標 （吸収目標が無い場合は、以下の式により推計） ＝植林面積目標×単位面積当たりの地上部バイオス成長量×（1+地下部/地上部バイオス比）×炭素含有率×4/12 ※植林面積目標が無い場合は、森林面積目標と現在の森林面積の差分を植林面積目標として使用した。	「推計方法」欄： ○各国のセルは、[REDD+]、[植林]の2区分に分けて記載している。 ○各区分の見出し横の（ ）は、推計の根拠データの種類の示す。 [REDD+] （NDC削減目標）： NDC等の政策文書に示された排出削減目標を採用 （REDD+実績量）： NDCに目標がないため、UNFCCC「報告・検証された過去のREDD+排出削減実績量を採用 （データなし）： 目標・実績量とも確認できず、推計なし [植林] （NDC吸収目標）： NDC等に示された植林による吸収目標を採用 （面積目標から算出）： 政策文書の植林面積目標（又は森林面積目標と現状との差分）より年間植林面積を求め、吸収量を推計 （データなし）： 算定に用いる面積目標等が確認できず、推計なし
--	--

#	国名	推計方法	データ出典
		[REDD +]（データなし） ・NDCではREDD+による排出削減目標等の言及なし ・報告又は検証されたREDD+排出削減実績量もデータなし [植林]（面積目標から算出） ・NDCでは、植林による吸収目標等の言及なし ・年間植林面積： Philippine Development Plan 2023-2028のChapter15において、森林被覆率を24.09%(2020)から25.23%(2028)に増大させる言及あり。その差分約34万haを8年で除し、年間植林面積とみなす ・地上部バイオス成長量： 熱帯雨林気候のため、IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4 Table 4.10のTropical rainforestは0.5 tdm/ha/yr ・地下部/地上部バイオス比： 同Table 4.40のTropical rainforest, Plantedは0.325 ・炭素含有率： 0.47 (IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4)	
		[REDD +]（NDC削減目標） ・NDC 3.0 Annex 10#37/Reduce deforestation through REDD+ Mechanism and other measures)の2026-2035年の累積排出削減量を引用し、10年で除した値 [植林]（NDC吸収目標） ・NDC 3.0 Annex 10#39/Expand forest cover through afforestation and reforestation activities (A/R)の2026-2035年の累積排出削減量を引用し、10年で除した値	
		[REDD +]（NDC削減目標） ・NDC Annex 10[Reduced emissions from deforestation and forest degradation～]の年間排出削減量を引用 [植林]（NDC吸収目標） ・NDC Annex 10[Increased forest cover to 70% of land area～]の年間排出削減量を引用	・NDC： https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/INCC%202020%20of%20Laos%20PDR%20%28English%29%2C%2009%20April%202021%20%281%29.pdf
		[REDD +]（データなし） ・NDCではREDD+による排出削減目標等の言及なし ・報告又は検証されたREDD+排出削減実績量もデータなし [植林]（面積目標から算出） ・NDCでは、植林による吸収目標等の言及なし ・年間植林面積： National Landscape And Ecosystem Restoration Strategy 2023-2032年（10年間）に約1,060万haを植栽(tree coveringを30%とする言及（Table 2, P.19）。うち植林との関連が低いと考えられる項目（5、9、11）を除いた約1,000万haを、10年で除した約100万haを年間植林面積とみなす ・地上部バイオス成長量： 熱帯サバナ気候のため、IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4 Table 4.10のTropical dry forest, Otherは0.10 tdm/ha/yr ・地下部/地上部バイオス比： 同Table 4.40Tropical dry（地上部バイオス125t/ha未満）は0.332 ・炭素含有率： 0.47 (IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4)	・NDC： https://unfccc.int/sites/default/files/2025-05/KENYAS%20SECONDND%20NATIONALY%20DETERMINED%20CONTRIBUTION%202031_2035.pdf ・UNFCCC REDD+国別情報サイト： https://redd.unfccc.int/submissions/by-country/country_detail/ken.html ・National Landscape And Ecosystem Restoration Strategy 2023-2032： https://forestry.go.ke/sites/default/files/2026-02/National%20Landscape%20And%20Ecosystem%20Restoration%20Strategy%20%202023-2032%20-%20FINAL_0.pdf ・IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4： https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch04_Forest%20land.pdf ・IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4： https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf
		[REDD +]（REDD+実績量） ・NDCではREDD+による排出削減目標等の言及なし ・報告又は検証されたREDD+排出削減実績量（2023年）を引用 [植林]（面積目標から算出） ・NDCでは、植林による吸収目標等の言及なし ・年間植林面積： Plantation Forest Development (PFD) 及びNon-rotational rehabilitationの2030年累積目標から2019年進捗を差し引いた残存計画面積を合計し、2020-2030年（11年）で除して約72.7万ha/年とみなす ・地上部バイオス成長量： 熱帯モンスーン気候のため、IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4 Table 4.10のTropical rain forest, Otherは0.5 tdm/ha/yr ・地下部/地上部バイオス比： 同Table 4.40Tropical Rainforest, Asia, Plantedは0.325 ・炭素含有率： 0.47 (IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4)	・NDC： https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-11/Mex%20Nam%20NDC%202022%20Update.pdf ・UNFCCC REDD+国別情報サイト： https://redd.unfccc.int/submissions/by-country/country_detail/vnm.html ・National Master Plan on Forestry 2021-2030： https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong/Quy-et-dinh-895-QD-TT-g-2024-phe-duyet-Quy-hoach-lam-nghiep-quoc-gia-thoi-ky-2021-2030-622482.aspx ・IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4： https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch04_Forest%20land.pdf ・IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4： https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf
		[REDD +]（データなし） ・NDCではREDD+による排出削減目標等の言及なし ・報告又は検証されたREDD+排出削減実績量もデータなし [植林]（面積目標から算出） ・NDCでは、植林による吸収目標等の言及なし ・年間植林面積： National Master Plan on Forestry 2021-2030において、毎年平均23万8千haの生産林、8,600haの保護林・特別利用林を植林、毎年平均2万2,500haの天然林を再生との記述。3者合計26万9,100haを年間植林面積とみなす ・地上部バイオス成長量： 熱帯モンスーン気候のため、IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4 Table 4.10のTropical rain forest, Otherは0.5 tdm/ha/yr ・地下部/地上部バイオス比： 同Table 4.40Tropical Rainforest, Asia, Plantedは0.325 ・炭素含有率： 0.47 (IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4)	・NDC： https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/TANZANIA_NDC_SUBMISSION_30%20JULY%202021.pdf ・UNFCCC REDD+国別情報サイト： https://redd.unfccc.int/submissions/by-country/country_detail/tza.html ・National Forest Landscape Restoration Strategy 2023-2033（P.23）： https://faolex.fao.org/docs/pdf/tan238283.pdf ・IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4： https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch04_Forest%20land.pdf ・IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4： https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf

#	国名	推計方法	データ出典
		【REDD +】（データーなし） ・NDCではREDD+による排出削減目標等の言及なし ・報告又は検証されたREDD+排出削減実績量もデーターなし	
8	カザフスタン	【REDD +】（データーなし） ・NDCではREDD+による排出削減目標等の言及なし ・報告又は検証されたREDD+排出削減実績量もデーターなし 【造林】（面積目標から算出） ・年間造林面積：NDCのLULUCF政策（p.33）において、造林政策による70万ha（2026-2030年、5年間）の森林回復、民間セクターによる10万7,100ha（2026-2035年、10年間）の植林が見込まれるとの記述。70万ha±5年+10万7,100ha±10年=15万710haを年間造林面積とみなす ・地上部/バイオス成長量：温帯草原（ステップ）気候のため、IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4 Table 4.10のTemperate, Steppesより3 tdm/ha/yr ・地下部/地上部/バイオス比：同Table 4.40Temperate Asia, Planted（Conifer）より0.224 ・炭素含有率：0.47（IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4）	・NDC：https://unfccc.int/sites/default/files/2025-11/NDC_Kazakhstan%203.0%20eng.pdf ・UNFCCC REDD+国別情報サイト：https://redd.unfccc.int/submissions/by-country.html ・IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4：https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch04_Forest%20land.pdf ・IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4：https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf
9	エルド	【REDD +】（データーなし） ・NDCではREDD+による排出削減目標等の言及なし ・報告又は検証されたREDD+排出削減実績量もデーターなし 【造林】（面積目標から算出） ・年間造林面積：NDC（p.17）に基づくNational Forest Extension and Rehabilitation Program（NFERP）2023-2032（10年間）において、11万haのafterstationと3万5,000haのrehabilitation、計14万5,000haを実施との記述。14万5,000ha±10年=1万4,500haを年間造林面積とみなす ・地上部/バイオス成長量：温帯の大気性気候のため、IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4 Table 4.12のTemperate, Continental, Europe（植林地）より4.0 tdm/ha/yr ・地下部/地上部/バイオス比：同Table 4.40Temperate, Continental, Europe, Planted（Conifer）（地上部/バイオス125t/ha以下）より0.340 ・炭素含有率：0.47（IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4）	・NDC（p.17）：https://unfccc.int/sites/default/files/2025-05/MD_NDC_3.pdf ・IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4：https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch04_Forest%20land.pdf ・IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4：https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf
		【REDD +】（NDC削減目標） ・NDC（p.29）において、2030年までに森林減少・森林劣化からの年間ネット排出量を2015年水準比で1,000万tCO2削減との記載を引用 【造林】（面積目標から算出） ・NDCでは、造林による吸収目標・植林面積等の言及なし ・年間造林面積：National Reforestation and Afforestation Programにおいて、2023-2037年（14年間）に80万haの草地を林地へ転換と言及、80万ha±14年=約5万7,000haを年間造林面積とみなす ・地上部/バイオス成長量：熱帯雨林気候のため、IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4 Table 4.10のTropical rain forest, Otherより5 tdm/ha/yr ・地下部/地上部/バイオス比：同Table 4.40Tropical Rainforest, Asia, Plantedより0.325 ・炭素含有率：0.47（IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4）	・NDC：https://unfccc.int/sites/default/files/2022-06/PNG%20second%20NDC.pdf ・National Reforestation and Afforestation Program：https://pngfa.gov.pg/projects/national-reforestation-and-afforestation-program ・IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4：https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch04_Forest%20land.pdf ・IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4：https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf
		【REDD +】（NDC削減目標） ・NDC（p.37, Table11）において、FOLU部門のconditional net emission scenarioで、2021-2030年累積でBAU（504.56 MtCO2e）に対しconditional（247.99 MtCO2e）までnet emissionを削減する目標。累積削減量256.57 MtCO2eを10年で除くと25.66 MtCO2e/年をREDD+ポテンシャルとみなす 【造林】（面積目標から算出） ・NDCでは、造林による吸収目標・植林面積等の言及なし ・年間造林面積：The National Forestry Master Plan 2001-2030の表5-8に掲げられた10年間（2021-2030）の植林計画面積500,000acresを植林面積とみなす ・地上部/バイオス成長量：熱帯モンスーン気候のため、IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4 Table 4.10のTropical rain forest, Otherより5 tdm/ha/yr ・地下部/地上部/バイオス比：同Table 4.40Tropical Rainforest, Asia, Plantedより0.325 ・炭素含有率：0.47（IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4）	・NDC：https://unfccc.int/sites/default/files/2022-06/Myanmar%20Updated%20%20NDC%20July%202021.pdf ・The National Forestry Master Plan 2001-2030：https://forestedepartment.gov.mm/sites/default/files/Documents/Master%20Plan%2030%20Years.pdf ・IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4：https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch04_Forest%20land.pdf ・IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4：https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf
		【REDD +】（NDC削減目標） ・NDC（p.36）13において、天然林の劣化・森林減少に伴う排出を、2001-2013年の平均排出量（森林参照レベル：18,052,357 tCO2e/年）を基準に2030年までに25%削減との記載。当該参照レベルの25%を採用 【造林】（NDC吸収目標） ・NDC（p.35）12において、20万haの造林により2030年までに年間3,0～3,4 MtCO2換算の吸収を見込むとの記載。最大値3.4 MtCO2を採用	・NDC：https://unfccc.int/sites/default/files/2025-09/NDC-2025-220925%201.pdf ・UNFCCC技術評価報告（2023年提出版）Summary（2001-2013年FREL数値）：https://unfccc.int/documents/639873
		【REDD +】（REDD+実績量） ・NDCではREDD+による排出削減目標等の言及なし ・報告又は検証されたREDD+排出削減実績量（2020年）を引用（ブラジル政府はREDD+の実施を準国レベル案件のみ認める方針である点に留意） 【造林】（面積目標から算出） ・NDCでは、造林による吸収目標等の言及なし ・年間造林面積：National Plan for the Recovery of Native Vegetation（Planaveg）2025-2028において、2030年までに1,200万ha（2017-2030年、14年間）の在来樹生を回復と言及、1,200万ha±14年=約86万haを年間造林面積とみなす ・地上部/バイオス成長量：熱帯雨林気候のため、IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4 Table 4.10のTropical rain forest, Other broadleafより20 tdm/ha/yr ・地下部/地上部/バイオス比：同Table 4.40Tropical Rainforest, North and South America, Plantedより0.170 ・炭素含有率：0.47（IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4）	・NDC：https://unfccc.int/sites/default/files/2024-11/Brazil_Second%20Nationally%20Determined%20Contribution%20%28NDC%29_November2024.pdf ・UNFCCC REDD+国別情報サイト：https://redd.unfccc.int/submissions/by-country/detail/bra.html ・National Plan for the Recovery of Native Vegetation（Planaveg）2025-2028：https://taolex.fao.org/docs/pdf/bra240605.pdf ・IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4：https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch04_Forest%20land.pdf ・IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4：https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf
		【REDD +】（REDD+実績量） ・NDCではREDD+による排出削減目標等の言及なし ・報告又は検証されたREDD+排出削減実績量（2010年）を引用 【造林】（データーなし） ・Malaysia Policy on Forestry（2021）において、国土の少なくとも50%を森林維持と言及。2023年時点で森林率は50%を超え既に目標達成の状況であり、算定の基礎となる面積目標が確認できなかった	・NDC：https://unfccc.int/sites/default/files/2025-10/Malaysia%20NDC%203.0%20to%20UNFCCC%202025%20final.pdf ・UNFCCC REDD+国別情報サイト：https://redd.unfccc.int/submissions/by-country/detail/mys.html ・Malaysia Policy on Forestry（2021）：https://www.mybis.gov.my/pb/4825
		【REDD +】（データーなし） ・NDCではREDD+による排出削減目標等の言及なし ・報告又は検証されたREDD+排出削減実績量もデーターなし 【造林】（面積目標から算出） ・年間造林面積：NDC（p.47）の土地利用林業セクターの2035年までの条件無し緩和目標において、2020年の森林プランテーションの面積（1,053,693ha）を2035年までの15年間で20%増加させるとの記述。増加分を15年で除した面積を年間植林面積とみなす ・地上部/バイオス成長量：温帯湿潤気候のため、IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4 Table 4.10のTemperate, Oceanicより4.2 tdm/ha/yr ・地下部/地上部/バイオス比：同Table 4.40Temperate Oceanic, Planted（Conifer）より0.203 ・炭素含有率：0.47（IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4）	・NDC：https://unfccc.int/sites/default/files/2025-01/20241220_Uruguay_NDC3.pdf ・UNFCCC REDD+国別情報サイト：https://redd.unfccc.int/submissions/by-country.html ・IPCC 2019 Refinement Vol.4 Ch.4：https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch04_Forest%20land.pdf ・IPCC 2006 GL Vol.4 Ch.4：https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf