

第5章 農業分野

5.1. 農業分野の概要

農業分野における温室効果ガス排出量は、3A、3B、3C、3D、3F、3G、3Hの7つのカテゴリにおいて算定を行なう。「3A：消化管内発酵」では牛、水牛、めん羊、山羊、馬、豚の消化管内のメタン発酵により生成されたCH₄の体内からの排出について報告を行う。「3B：家畜排せつ物の管理」では牛、水牛、めん羊、山羊、馬、豚、家禽類（採卵鶏とブロイラー）、うさぎ、ミンクが排せつする排せつ物の処理に伴うCH₄及びN₂Oの発生について報告を行う。「3C：稲作」では稲を栽培するために耕作された水田（常時湛水田、間断灌漑水田）からのCH₄の排出について報告を行う。「3D：農用地の土壌」では農用地の土壌からのN₂Oの直接排出及び間接排出について報告を行う。「3E：サバンナの野焼き」については、我が国には発生源が存在しないためNOとして報告する。「3F：農業廃棄物の野焼き」では農業活動に伴い穀物、豆類、根菜類、さとうきびを焼却した際のCH₄及びN₂Oの排出について報告を行う（CH₄、N₂O以外にもCOが発生する。COは別添3参照）。「3G：石灰施用」および「3H：尿素施肥」では、それぞれ土壌に石灰、尿素を施用した際に発生するCO₂について報告を行う。

これまで、農業分野では1996年改訂IPCCガイドラインに従い、3年平均の排出量を報告してきたが、2015年提出からは2006年IPCCガイドラインに従い単年の排出量を報告する。

2013年度における当該分野からの温室効果ガス排出量は39,531 kt-CO₂換算であり、我が国の温室効果ガス総排出量（LULUCFを除く）の2.8%を占めている。また、1990年度の排出量と比較すると7.9%の減少となっている。

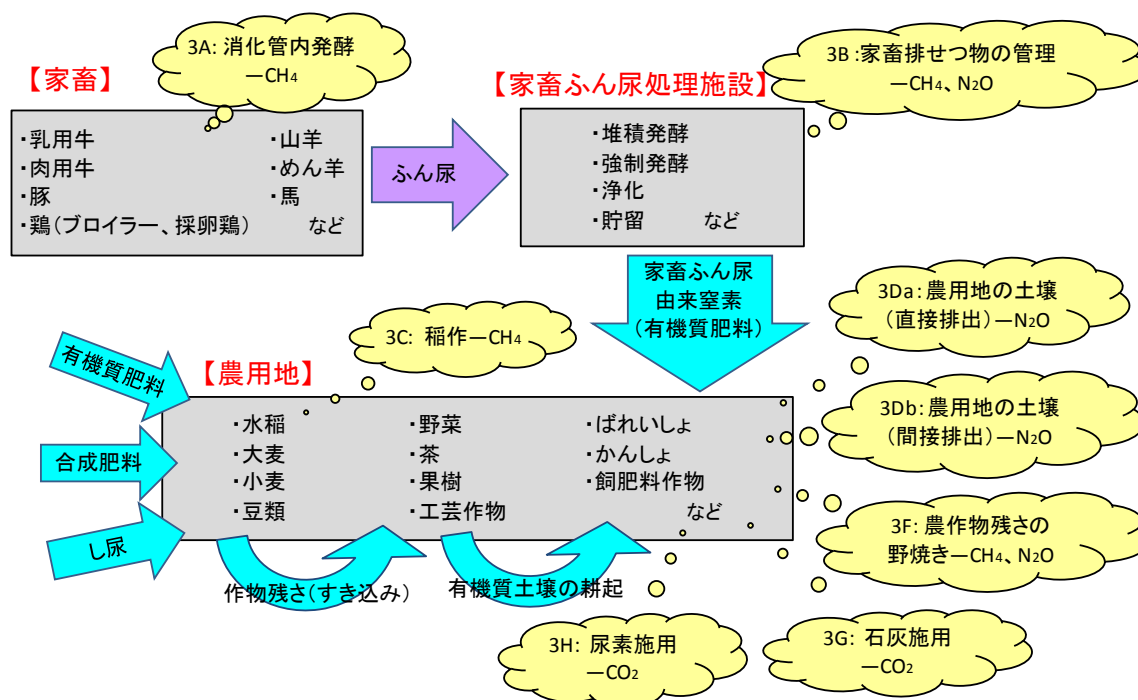


図 5-1 我が国の農業分野におけるカテゴリ間関係

5.2. 消化管内発酵 (3.A.)

牛、水牛、めん羊、山羊などの反すう動物は複胃を持っており、第一胃でセルロース等を分解するために嫌氣的発酵を行い、その際にCH₄が発生する。馬、豚は反すう動物ではなく単胃であるが、消化管内発酵によりCH₄を微量に発生させ、大気中に放出している。消化管内発酵 (3.A.) ではこれらのCH₄排出に関する算定、報告を行なう。

2013年度におけるこのカテゴリーからの温室効果ガス排出量は7,401 kt-CO₂換算であり、我が国の温室効果ガス総排出量 (LULUCFを除く) の0.5%を占めている。また、1990年度の排出量と比較すると18.4%の減少となっている。

表 5-1 消化管内発酵に伴うCH₄排出量

ガス	家畜種	単位	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
CH ₄	3.A.1.- 乳用牛	kt-CH ₄	186.1	179.3	166.5	160.0	158.8	157.1	153.7	150.4	148.1	144.9	145.1	142.3	138.6
	3.A.1.- 肉用牛	kt-CH ₄	158.2	164.2	165.0	157.4	157.5	159.8	163.9	162.3	160.2	152.9	151.4	146.8	142.4
	3.A.2. めん羊	kt-CH ₄	0.167	0.115	0.097	0.069	0.071	0.077	0.082	0.097	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113
	3.A.3. 豚	kt-CH ₄	15.9	13.9	13.7	13.5	13.5	13.7	13.6	13.9	13.8	13.7	13.6	13.6	13.4
	3.A.4.- 水牛	kt-CH ₄	0.011	0.007	0.006	0.004	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005
	3.A.4.- 山羊	kt-CH ₄	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	3.A.4.- 馬	kt-CH ₄	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	合計	kt-CH ₄	362.6	359.7	347.3	332.8	331.5	332.2	332.8	328.2	323.8	313.2	311.7	304.3	296.0
		kt-CO ₂ 換算	9,064	8,993	8,682	8,319	8,287	8,305	8,320	8,204	8,094	7,829	7,794	7,607	7,401

5.2.1. 牛 (3.A.1.)

a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは牛の消化管内発酵によるCH₄排出に関する算定、報告を行なう。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年IPCCガイドラインのデシジョンツリー (Volume 4, Page 10.25, Fig.10.2) に従うと、乳用牛及び肉用牛についてはTier 2法を用いて算定を行うこととされている。Tier 2法では、家畜の総エネルギー摂取量にメタン変換係数を乗じて排出係数を算定することとされているが、日本では畜産関係の研究において乾物摂取量を用いた算定を行っており、研究結果を利用することによってより排出実態に即した算定結果が得られると考えられる。このため、牛の消化管内発酵に伴うCH₄排出量については、Tier 2法と類似した日本独自の手法を用い、牛 (乳用牛、肉用牛) の飼養頭数に、乾物摂取量に基づき設定した排出係数を乗じてCH₄排出量を求めた。

牛は、5~6ヶ月目には普通の餌を食べるようになるため、月齢5ヶ月以上の牛を消化管内発酵によるCH₄排出の算定対象とする (月齢5ヶ月未満の牛は算定対象外)。我が国の排出実態を反映するために、牛の算定区分を表 5-2 に示すように定義し、牛の種類、年齢ごとに排出量の算定を行った。

表 5-2 牛の消化管内発酵に伴うCH₄排出の算定区分

家畜種		排出量算定の前提条件等	区分の補足情報		
家畜種		排出量算定の前提条件等	区分の補足情報		
乳用牛	搾乳牛	—	搾乳している牛。		
	乾乳牛	—	現在、搾乳していない搾乳目的の牛。		
	育成牛	2歳未満、7ヶ月以上	飼養頭数の6/24に相当する牛は月齢6ヶ月以下と仮定し、算定の対象外としている。よって、2歳未満の飼養頭数の18/24が対象となる。	2歳未満の牛で搾乳目的の牛。畜産統計において、2歳未満の頭数が記載されている。	
		月齢5、6ヶ月	2歳未満の飼養頭数の2/24に相当する、5、6ヶ月の育成牛が対象となる。		
		月齢5ヶ月未満	2歳未満の飼養頭数の4/24に相当する。CH ₄ 排出量算定の対象外。		
	繁殖雌牛	1歳以上	—	繁殖を目的とした雌牛（乳用牛を除く）。畜産統計において、1歳未満の頭数が記載されている。	
1歳未満、7ヶ月以上		飼養頭数の6/12に相当する牛は月齢6ヶ月以下と仮定し、算定の対象外としている。よって、1歳未満の飼養頭数の6/12が対象となる。			
月齢5、6ヶ月		1歳未満の飼養頭数の2/12に相当する、5、6ヶ月の牛が対象となる。			
月齢5ヶ月未満		1歳未満の飼養頭数の4/12に相当する。CH ₄ 排出量算定の対象外。			
肉用牛	和牛	1歳以上	—	日本在来種であり、食肉専用種。畜産統計において、1歳未満の頭数が記載されている。	
		1歳未満、7ヶ月以上	飼養頭数の6/12に相当する牛は月齢6ヶ月以下と仮定し、算定の対象外としている。よって、1歳未満の飼養頭数の6/12が対象となる。		
		月齢5、6ヶ月	1歳未満の飼養頭数の2/12に相当する、5、6ヶ月の牛が対象となる。		
	肥育牛	月齢5ヶ月未満	1歳未満の飼養頭数の4/12に相当する。CH ₄ 排出量算定の対象外。	肉用目的の乳用種の牛（ホルスタインなど）。畜産統計において、2歳未満の頭数が記載されている。	
		乳用種	月齢7ヶ月以上		飼養頭数の6/24に相当する牛は月齢6ヶ月以下と仮定し、算定の対象外としている。よって、2歳未満の飼養頭数の18/24が対象となる。
			月齢5、6ヶ月		2歳未満の飼養頭数の2/24に相当する、5、6ヶ月の牛が対象となる。
			月齢5ヶ月未満		2歳未満の飼養頭数の4/24に相当する。CH ₄ 排出量算定の対象外。

■ 排出係数

牛の消化管内発酵に伴うCH₄の排出係数については、日本における反すう家畜を対象とした呼吸試験の結果（乾物摂取量に対するCH₄排出量の測定データ）に基づいて設定した。測定結果によると、反すう家畜の消化管内発酵に伴うCH₄排出量は、乾物摂取量を説明変数とする次式により算定できることが明らかにされている（柴田ら、（1993）（参考文献24））。

$$EF = Y / L_{CH_4} \times Mol_{CH_4} \times Day$$

$$Y = -17.766 + 42.793 \times DMI - 0.849 \times (DMI)^2$$

EF : 牛の消化管内発酵CH₄排出係数 [kg-CH₄/頭]

Y : 1頭あたり1日あたりのCH₄発生量[l/日/頭]

L_{CH₄} : CH₄ 1mol体積 [kg/mol]

Mol_{CH₄} : CH₄分子量[kg/mol]

Day : 年間日数[日]

DMI : 乾物摂取量 [kg/日/頭]

この算定式に、中央畜産会「日本飼養標準」等から推定した平均乾物摂取量を当てはめ、

排出係数を設定した。乾物摂取量は牛の種類ごとに設定した算定式に、乳脂肪補正乳量並びに体重及び体重増加を代入することで算定した。乳脂肪補正乳量については、乳量は農林水産省「牛乳乳製品統計」及び「畜産統計」を、乳脂肪率は農林水産省「畜産物生産費統計」を使用し、毎年度データを更新した。体重及び体重増加は、「日本飼養標準」の各巻末にある牛の種類ごとの各月齢における体重の一覧表を用いた。なお、乳用牛（搾乳牛及び乾乳牛）は2006年に、肉用牛（和牛・雄）は2008年に乾物摂取量の算定式が改訂された。

表 5-3 牛の乾物摂取量 (DMI) の算定式

家畜種		算定式
乳用牛	搾乳牛	2006年以降：DMI=1.3922+0.05839×W ^{0.75} +0.40497×FCM FCM=(15×FAT/100+0.4)×MILK 2005年以前：DMI=2.98120+0.00905×W+0.41055×FCM FCM=(15×FAT/100+0.4)×MILK
	乾乳牛	2006年以降：DMI=0.017×W 2005年以前：DMI=(0.1163×W ^{0.75} /0.82)/4.41/0.52×1.1
	育成牛	DMI=0.49137+0.01768×W+0.91754×DG
肉用牛	繁殖雌牛	DMI= [0.1067×W ^{0.75} +(0.0639×W ^{0.75} ×DG)/(0.78×q+0.006)]/(q×4.4) q=0.4213+0.1491×DG
	和牛(雄)	2008年以降：DMI=-3.481+2.668×DG+4.548×10 ⁻² ×W-7.207×10 ⁻⁵ ×W ² +3.867×10 ⁻⁸ ×W ³ 2007年以前：DMI= [0.1124×W ^{0.75} +(0.0546×W ^{0.75} ×DG)/(0.78×q+0.006)] /{q×(1.653-0.00123×W)} q=0.5304+0.0748×DG
	和牛(雌)	DMI=[0.1108×W ^{0.75} +(0.0609×W ^{0.75} ×DG)/(0.78×q+0.006)]/(q×4.4) q= 0.5018+0.0956×DG
	乳用種(月齢7ヶ月以上)	DMI=[0.1291×W ^{0.75} +(0.0510×W ^{0.75} ×DG)/(0.78×q+0.006)]/(q×4.4) q=(0.933+0.00033×W)×(0.498+0.0642×DG)
	乳用種(月齢5、6ヶ月)	DMI=[0.1291×W ^{0.75} +(1.00+0.030×W ^{0.75})×DG]/(0.78×q+0.006)]/(q×4.4) q=(0.859-0.00092×W)×(0.790+0.0411×DG)

W:体重、FCM：脂肪補正乳量、FAT：乳脂肪率、MILK：乳量、DG：体重増加、q：エネルギー代謝率
(出典) 中央畜産会「日本飼養標準」(参考文献 20)

表 5-4 牛の乳量 (MILK) 及び乳脂肪率 (FAT)

項目	単位	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
乳量(搾乳牛)	kg/頭/日	20.8	22.4	23.5	24.6	25.1	25.0	25.4	25.5	25.7	25.6	25.5	25.8	26.0
乳脂肪率(搾乳牛)	%	3.7	3.8	3.9	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9

表 5-5 牛の体重 (W) [kg・頭⁻¹]

家畜種		1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
乳用牛	搾乳牛	595.9	602.8	621.4	622.4	622.7	623.0	623.0	623.0	623.0	623.0	623.0	623.0	623.0	
	乾乳牛	595.9	602.8	621.4	622.4	622.7	623.0	623.0	623.0	623.0	623.0	623.0	623.0	623.0	
	育成牛(2歳未満、7ヶ月以上)	342.4	349.3	364.9	372.3	374.2	376.1	376.1	376.1	376.1	376.1	376.1	376.1	376.1	
	育成牛(月齢5、6ヶ月)	140.0	140.6	146.3	159.5	162.8	166.1	166.1	166.1	166.1	166.1	166.1	166.1	166.1	
肉用牛	繁殖雌牛	1歳以上	426.6	426.6	487.3	458.2	450.9	443.7	436.4	429.1	429.1	429.1	429.1	429.1	429.1
		1歳未満、7ヶ月以上	230.2	230.2	279.7	263.3	259.3	255.2	251.1	247.0	247.0	247.0	247.0	247.0	247.0
		月齢5、6ヶ月	141.0	141.0	157.1	148.9	146.8	144.8	142.8	140.7	140.7	140.7	140.7	140.7	140.7
	肥育牛	和牛・雄(1歳以上)	574.3	574.3	574.3	572.7	572.3	571.9	571.4	571.0	571.0	571.0	571.0	571.0	571.0
		和牛・雄(1歳未満、7ヶ月以上)	273.4	273.4	273.4	274.4	274.6	274.9	275.1	275.4	275.4	275.4	275.4	275.4	275.4
		和牛・雄(月齢5、6ヶ月)	146.7	146.7	146.7	147.6	147.9	148.1	148.4	148.6	148.6	148.6	148.6	148.6	148.6
		和牛・雌(1歳以上)	388.0	388.0	462.5	434.7	427.7	420.7	413.8	406.8	406.8	406.8	406.8	406.8	406.8
		和牛・雌(1歳未満、7ヶ月以上)	230.2	230.2	279.7	263.3	259.3	255.2	251.1	247.0	247.0	247.0	247.0	247.0	247.0
		和牛・雌(月齢5、6ヶ月)	141.0	141.0	157.1	148.9	146.8	144.8	142.8	140.7	140.7	140.7	140.7	140.7	140.7
		乳用種(月齢7ヶ月以上)	479.8	479.8	479.8	479.8	479.8	479.8	479.8	479.8	479.8	479.8	479.8	479.8	479.8
乳用種(月齢5、6ヶ月)	194.8	194.8	194.8	194.8	194.8	194.8	194.8	194.8	194.8	194.8	194.8	194.8	194.8		

表 5-6 牛の体重増加 (DG) [kg・頭⁻¹日⁻¹]

家畜種		1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
乳用牛	搾乳牛	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	乾乳牛	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	育成牛 (2歳未満、7ヶ月以上)	0.60	0.63	0.65	0.60	0.59	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	
	育成牛 (月齢5、6ヶ月)	0.69	0.70	0.76	0.85	0.88	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	
肉用牛	繁殖雌牛	1歳以上	0.17	0.17	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
		1歳未満、7ヶ月以上	0.70	0.70	0.94	0.87	0.86	0.84	0.83	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
		月齢5、6ヶ月	0.74	0.74	1.04	0.97	0.96	0.94	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
	肥育牛	和牛・雄 (1歳以上)	0.60	0.60	0.60	0.59	0.59	0.59	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
		和牛・雄 (1歳未満、7ヶ月以上)	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
		和牛・雄 (月齢5、6ヶ月)	0.94	0.94	0.94	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
		和牛・雌 (1歳以上)	0.28	0.28	0.27	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
		和牛・雌 (1歳未満、7ヶ月以上)	0.70	0.70	0.94	0.87	0.86	0.84	0.83	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
		和牛・雌 (月齢5、6ヶ月)	0.74	0.74	1.04	0.97	0.96	0.94	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
		乳用種 (月齢7ヶ月以上)	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
乳用種 (月齢5、6ヶ月)	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10		

表 5-7 牛の乾物摂取量 (DMI) [単位: kg・頭⁻¹日⁻¹]

家畜種		1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
乳用牛	搾乳牛	16.6	17.4	18.1	18.7	18.9	18.7	18.9	18.9	19.0	18.9	18.9	19.0	19.0	
	乾乳牛	8.2	8.3	8.5	8.5	8.5	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	
	育成牛 (2歳未満、7ヶ月以上)	7.1	7.2	7.5	7.6	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	
	育成牛 (月齢5、6ヶ月)	3.6	3.6	3.8	4.1	4.2	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	
肉用牛	繁殖雌牛	1歳以上	6.6	6.6	7.1	6.7	6.6	6.5	6.4	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
		1歳未満、7ヶ月以上	5.5	5.5	6.7	6.3	6.2	6.1	6.0	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9
		月齢5、6ヶ月	3.8	3.8	4.4	4.2	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	肥育牛	和牛・雄 (1歳以上)	8.4	8.4	8.4	8.3	8.3	8.3	8.3	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
		和牛・雄 (1歳未満、7ヶ月以上)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
		和牛・雄 (月齢5、6ヶ月)	4.3	4.3	4.3	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
		和牛・雌 (1歳以上)	5.7	5.7	6.4	6.1	6.0	5.9	5.8	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7
		和牛・雌 (1歳未満、7ヶ月以上)	4.9	4.9	6.1	5.7	5.6	5.5	5.4	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
		和牛・雌 (月齢5、6ヶ月)	3.4	3.4	4.1	3.9	3.8	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
		乳用種 (月齢7ヶ月以上)	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7
乳用種 (月齢5、6ヶ月)	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3		

表 5-8 牛の消化管内発酵に関するCH₄排出係数 [kg-CH₄・頭⁻¹年⁻¹]

家畜種		1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
乳用牛	搾乳牛	119.5	122.8	124.9	126.5	127.1	126.7	127.5	127.3	127.4	127.1	127.5	127.4	127.5	
	乾乳牛	72.0	72.7	74.0	74.0	74.1	88.7	88.9	88.7	88.7	88.7	88.9	88.7	88.7	
	育成牛 (2歳未満、7ヶ月以上)	63.4	64.7	66.9	67.6	67.8	68.0	68.1	68.0	68.0	68.0	68.1	68.0	68.0	
	育成牛 (月齢5、6ヶ月)	32.7	32.9	34.4	37.3	38.1	38.8	38.9	38.8	38.8	38.8	38.9	38.8	38.8	
肉用牛	繁殖雌牛	1歳以上	59.0	59.2	63.1	60.1	59.3	58.5	57.9	57.0	57.0	57.0	57.1	57.0	57.0
		1歳未満、7ヶ月以上	49.8	50.0	60.1	57.0	56.3	55.5	54.8	53.8	53.8	53.8	54.0	53.8	53.8
		月齢5、6ヶ月	34.9	35.0	40.4	38.3	37.8	37.3	36.9	36.2	36.2	36.2	36.3	36.2	36.2
	肥育牛	和牛・雄 (1歳以上)	73.2	73.4	73.2	72.9	72.8	72.7	72.8	68.5	68.5	68.5	68.7	68.5	68.5
		和牛・雄 (1歳未満、7ヶ月以上)	61.1	61.3	61.1	61.2	61.2	61.2	61.4	64.5	64.5	64.5	64.7	64.5	64.5
		和牛・雄 (月齢5、6ヶ月)	39.6	39.7	39.6	39.9	39.9	40.0	40.2	39.8	39.8	39.8	39.9	39.8	39.8
		和牛・雌 (1歳以上)	51.8	51.9	58.1	55.0	54.2	53.5	52.8	51.9	51.9	51.9	52.0	51.9	51.9
		和牛・雌 (1歳未満、7ヶ月以上)	44.3	44.5	55.3	52.0	51.2	50.4	49.7	48.7	48.7	48.7	48.8	48.7	48.7
		和牛・雌 (月齢5、6ヶ月)	31.0	31.0	37.4	35.1	34.6	34.0	33.5	32.9	32.9	32.9	33.0	32.9	32.9
		乳用種 (月齢7ヶ月以上)	75.6	75.8	75.6	75.6	75.6	75.6	75.8	75.6	75.6	75.6	75.6	75.8	75.6
乳用種 (月齢5、6ヶ月)	48.0	48.1	48.0	48.0	48.0	48.0	48.1	48.0	48.0	48.0	48.1	48.0	48.0		

■ 活動量

当該カテゴリーの活動量については、農林水産省「畜産統計」に示された、毎年2月1日時点の各家畜種の飼養頭数を用いた。

表 5-9 牛の飼養頭数 [1000 頭]

家畜種		1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
乳用牛	搾乳牛	1,082	1,035	971	910	900	871	862	848	830	805	813	798	773	
	乾乳牛	332	299	249	235	231	221	213	207	200	195	200	194	185	
	育成牛 (2歳未満、7ヶ月以上)	491	445	379	383	379	375	344	334	341	351	328	323	328	
	育成牛 (月齢5、6ヶ月)	55	49	42	43	42	42	38	37	38	39	36	36	36	
	育成牛 (月齢5ヶ月未満)	109	99	84	85	84	83	76	74	76	78	73	72	73	
乳用牛合計		2,068	1,927	1,725	1,655	1,636	1,592	1,533	1,500	1,484	1,467	1,449	1,423	1,395	
肉用牛	繁殖雌牛	1歳以上	679	646	612	597	594	608	634	651	651	636	614	593	568
		1歳未満、7ヶ月以上	17	13	12	13	14	14	17	16	17	16	14	13	14
		月齢5、6ヶ月	6	4	4	4	5	5	6	5	6	5	5	4	5
		月齢5ヶ月未満	12	9	8	9	9	9	11	10	11	11	9	9	9
	肥育牛	和牛・雄 (1歳以上)	368	412	385	373	374	392	407	414	425	409	405	396	381
		和牛・雄 (1歳未満、7ヶ月以上)	125	133	114	123	119	118	123	130	132	127	123	116	115
		和牛・雄 (月齢5、6ヶ月)	42	44	38	41	40	39	41	43	44	42	41	39	38
		和牛・雄 (月齢5ヶ月未満)	83	89	76	82	80	79	82	87	88	85	82	77	77
		和牛・雌 (1歳以上)	197	265	246	264	290	291	309	322	339	336	343	337	328
		和牛・雌 (1歳未満、7ヶ月以上)	102	105	93	96	89	93	96	105	106	101	98	93	91
		和牛・雌 (月齢5、6ヶ月)	34	35	31	32	30	31	32	35	35	34	33	31	30
		和牛・雌 (月齢5ヶ月未満)	68	70	62	64	59	62	64	70	70	67	65	62	60
		乳用種 (月齢7ヶ月以上)	805	808	845	787	789	798	800	775	726	671	669	655	639
		乳用種 (月齢5、6ヶ月)	89	90	94	87	88	89	89	86	81	75	74	73	71
		乳用種 (月齢5ヶ月未満)	179	180	188	175	175	177	178	172	161	149	149	146	142
肉用牛合計		2,805	2,901	2,806	2,747	2,755	2,806	2,890	2,923	2,892	2,763	2,723	2,642	2,567	

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

排出係数の不確実性は算定式の 95%信頼区間から算出した (乳用牛: -26%~+32%、肉用牛: -40%~+49%)。牛の頭数 (活動量) は「畜産統計」における全頭調査の結果であり標準誤差が示されていないことから、「畜産統計」の豚の数値 (1%) で代用した。その結果、排出量の不確実性は乳用牛で-26%~+32%、肉用牛で-40%~+49%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出係数は上記した方法を使用して、1990 年度から一貫した方法で算定している。活動量は農林水産省「畜産統計」を使用し、1990 年度から一貫した方法を使用している。

d) QA/QC と検証

2006 年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、1 章に詳述している。

加えて、我が国の算定方法と IPCC Tier 2 手法による排出量算定結果との比較を行った。その際、Tier2 手法には 2006 年 IPCC ガイドラインで示された式 (式 10.3~10.16) を用い、上記表 5-2 に示した分類でそれぞれ算定を行った。なお、わが国のデータが利用可能なものは利用し (例: 上記の表 5-3~5-7 の値、「日本飼養標準」(参考文献 20) に示された値から計算した DE 値など)、利用可能でないものは 2006 年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値を用いた (例: Ym 値、Cfi 値、Cpregnancy 値など)。その結果、肉用牛と乳用牛の両方に関して、CH₄変換率 (Ym) の誤差範囲を踏まえると (Ym=6.5%±1.0%)、我が国の算定方法による排出量は IPCC Tier 2 手法で算出した排出量を取りうる範囲内にあった。したがって、わが国の方法と IPCC Tier 2 法による排出量に重大な差異はないと考えられる。

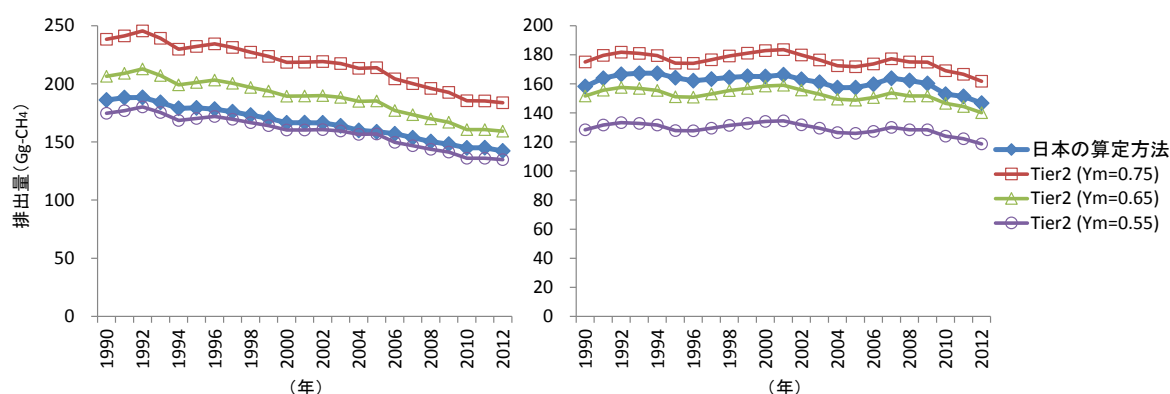


図 5-2 我が国の算定方法と IPCC Tier2 法の比較（左：乳用牛、右：肉用牛）

e) 再計算

該当せず。

f) 今後の改善計画及び課題

ルーメン内発酵の制御（飼料への脂肪酸カルシウムの添加等）によるメタン発酵抑制技術や混合飼料給与（TMR 給与）による飼料利用効率の向上に伴う排出削減を反映できるような算定方法の構築について検討を行う予定である。

5.2.2. 水牛、めん羊、山羊、馬、豚（3.A.2., 3.A.3., 3.A.4.-）

a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは水牛、めん羊、山羊、馬、豚の消化管内発酵によるCH₄排出に関する算定、報告を行なう。

b) 方法論

■ 算定方法

CH₄排出については、2006年IPCCガイドラインに示されたデシジョンツリーに従い、Tier 1法により算定を行った。

■ 排出係数

豚のCH₄排出係数については、日本国内の研究成果に基づく値を設定した。

めん羊、山羊、馬、水牛のCH₄排出係数については、2006年IPCCガイドラインに示されたデフォルト値を用いた。

表 5-10 豚、めん羊、山羊、馬、水牛の消化管内発酵に関するCH₄排出係数

家畜種	CH ₄ 排出係数 [kg/年/頭]	参考文献
豚	1.4	斉藤守「肥育豚及び妊娠豚におけるメタンの排せつ量」日畜会報、(1988) (参考文献 23) をもとに算出
めん羊	8	2006年 IPCC ガイドライン
山羊	5	
馬	18.0	
水牛	55.0	

■ 活動量

めん羊及び山羊の活動量は（社）中央畜産会「家畜改良関係資料」に示されたそれぞれの

飼養頭数を用いた。豚の活動量については、農林水産省「畜産統計」に示された、毎年2月1日時点の各家畜種の飼養頭数を用いた。馬の活動量は農林水産省「馬関係資料」、水牛の活動量は沖縄県「沖縄県畜産統計」に示されたそれぞれの飼養頭数を用いた。

表 5-11 水牛、めん羊、山羊、豚、馬の飼養頭数 [1000 頭]

家畜種	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
めん羊	21	14	12	9	9	10	10	12	14	14	14	14	14
山羊	26	19	22	20	16	15	15	14	14	14	14	14	14
豚	11,335	9,900	9,788	9,672	9,620	9,759	9,745	9,899	9,834	9,768	9,735	9,685	9,537
馬	116	118	105	93	87	84	83	81	81	81	81	81	81
水牛	0.21	0.12	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.10

※豚の2004年度、2009年度値は内挿値。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

各家畜分類で不確実性の評価を行った。豚の排出係数の不確実性は算定方法検討会で設定した値を採用した。豚以外の家畜の排出係数の不確実性は2006年IPCCガイドラインに示された50%を採用した。活動量については、豚は「畜産統計」に掲載の標準誤差1%を採用し、豚以外の家畜の活動量の不確実性は、「畜産統計」に掲載のブロイラーの標準誤差で代替し、9%とした。その結果、排出量の不確実性は豚が-72~+157%、水牛、めん羊、山羊、馬が51%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出係数は1990年から2013年まで一定値を使用している。活動量については、めん羊及び山羊は「家畜改良関係資料」、豚は「畜産統計」、馬は「馬関係資料」、水牛は「沖縄県畜産統計」をそれぞれ1990年度値から一貫して使用している。

d) QA/QC と検証

2006年IPCCガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリQC手続きを実施している。一般的なインベントリQCには、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC活動については、1章に詳述している。

e) 再計算

めん羊、山羊の排出係数に関して、国独自の値から2006年IPCCガイドラインのデフォルト値へと変更を行った。豚は肥育豚の体重を見直したことにより、排出係数の変更を行った。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

5.2.3. その他の家畜 (3.A.4.-)

家禽類の消化管内発酵によりCH₄が排出されると考えられるが、我が国の文献に排出係数のデータは存在せず、2006年IPCCガイドラインにも排出係数のデフォルト値が定められていないため、「NE」として報告した。2006年IPCCガイドラインに排出係数のデフォルト値が掲載されていて、上記で報告されていない家畜として、日本では鹿、アルパカが存在する。しかし、飼育頭数が少なく、いずれも算定方法検討会で定めた算定対象となる3000t-CO₂換算という閾値を超える排出量とはならないため、重要でない「NE」として報告した(別添5参照)。

5.3. 家畜排せつ物の管理 (3.B.)

家畜の排せつ物からは、排せつ物中に含まれる有機物がメタン発酵によってCH₄に変換される、または排せつ物中に消化管内発酵由来のCH₄が溶けていてそれが通気や攪拌により大気中へ放散されることによりCH₄が発生する。また、家畜の排せつ物の管理過程において、主に微生物の作用による硝化・脱窒過程でN₂Oが発生する。

2013年度におけるこのカテゴリーからの温室効果ガス排出量はCH₄が2,411 kt-CO₂換算、N₂Oが4,543 kt-CO₂換算であり、我が国の温室効果ガス総排出量（LULUCFを除く）のそれぞれ0.2%、0.3%を占めている。また、1990年度の排出量と比較するとCH₄は28.1%の減少、N₂Oは6.9%の増加となっている。

表 5-12 家畜排せつ物管理に伴うCH₄及びN₂O排出量

ガス	家畜種	単位	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
CH ₄	3.B.1.- 乳用牛	kt-CH ₄	116.0	109.2	99.2	95.5	94.8	92.5	90.8	89.4	88.4	86.6	86.8	85.0	82.7
	3.B.1.- 肉用牛	kt-CH ₄	4.3	4.5	4.5	5.1	5.2	5.5	5.9	6.1	6.2	6.0	5.9	5.7	5.5
	3.B.2.- めん羊	kt-CH ₄	0.006	0.004	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004
	3.B.3.- 豚	kt-CH ₄	11.1	9.7	9.1	7.1	6.6	6.3	5.9	5.5	5.1	5.0	5.0	5.0	4.9
	3.B.4.- 水牛	kt-CH ₄	0.0004	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
	3.B.4.- 山羊	kt-CH ₄	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
	3.B.4.- 馬	kt-CH ₄	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	3.B.4.- 家禽類	kt-CH ₄	2.3	2.2	2.1	2.3	2.4	2.6	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.0	3.1
	3.B.4.- うさぎ	kt-CH ₄	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	3.B.4.- ミンク	kt-CH ₄	0.1053	0.0073	0.0038	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
合計	kt-CH ₄	134.2	125.9	115.2	110.2	109.3	107.1	105.4	103.9	102.8	100.7	100.9	98.9	96.5	
	kt-CO ₂ 換算	3,354	3,146	2,880	2,755	2,733	2,677	2,635	2,597	2,570	2,519	2,522	2,472	2,411	
N ₂ O	3.B.1.- 乳用牛	kt-N ₂ O	2.5	2.3	2.2	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6
	3.B.1.- 肉用牛	kt-N ₂ O	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.1	3.3	3.3	3.4	3.2	3.2	3.1	3.0
	3.B.2.- めん羊	kt-N ₂ O	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
	3.B.3.- 豚	kt-N ₂ O	3.0	2.6	2.7	3.3	3.4	3.6	3.8	4.0	4.1	4.1	4.1	4.0	4.0
	3.B.4.- 水牛	kt-N ₂ O	0.00012	0.00007	0.00006	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00004	0.00005	0.00004	0.00005	0.00005	0.00005
	3.B.4.- 山羊	kt-N ₂ O	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
	3.B.4.- 馬	kt-N ₂ O	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
	3.B.4.- 家禽類	kt-N ₂ O	1.4	1.4	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8
	3.B.4.- うさぎ	kt-N ₂ O	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
	3.B.4.- ミンク	kt-N ₂ O	0.0223	0.0016	0.0008	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
合計	kt-N ₂ O	14.3	13.5	13.2	14.1	14.4	14.8	15.2	15.5	15.8	15.6	15.6	15.4	15.2	
	kt-CO ₂ 換算	4,249	4,038	3,936	4,188	4,278	4,422	4,524	4,625	4,710	4,650	4,654	4,597	4,543	
全ガス合計	kt-CO ₂ 換算	7,603	7,184	6,815	6,943	7,011	7,099	7,158	7,222	7,279	7,169	7,176	7,070	6,955	

5.3.1. 牛、豚、家禽類（採卵鶏、ブロイラー）（3.B.1., 3.B.3., 3.B.4.-）

a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは、牛（乳用牛、肉用牛）、豚、家禽類（採卵鶏、ブロイラー）の家畜排せつ物の管理によるCH₄、N₂O排出に関する算定、報告を行なう。

なお、放牧家畜のCH₄に関してはこのカテゴリーで報告し、N₂Oに関しては「3.D.a.3.牧草地・放牧場・小放牧地の排せつ物」で報告する。

b) 方法論

■ 算定方法

排せつ物の管理に伴うCH₄排出については、家畜種ごとの排せつ物中に含まれる有機物量に、排せつ物管理区分ごとの排出係数を乗じて算定を行った。

$$E_{CH_4} = \sum (EF_{CH_4-n} \times A_{CH_4-n})$$

E_{CH_4} : 牛、豚、家禽の排せつ物管理に伴うCH₄排出量 [g-CH₄]
 EF_{CH_4-n} : 排せつ物管理区分nの排出係数 [g-CH₄/g有機物]
 A_{CH_4-n} : 排せつ物管理区分nの排せつ物中に含まれる有機物量 [g-有機物]

N₂O排出については、家畜種ごとの排せつ物中に含まれる窒素量に、排せつ物管理区分ごとの排出係数を乗じて算定を行った。

$$E_{N_2O} = \sum (EF_{N_2O-n} \times A_{N_2O-n}) \times 44 / 28$$

E_{N_2O} : 牛、豚、家禽の排せつ物管理に伴うN₂O排出量 [g-N₂O]
 EF_{N_2O-n} : 排せつ物管理区分nの排出係数 [g-N₂O-N/g-N]
 A_{N_2O-n} : 排せつ物管理区分nの排せつ物中に含まれる窒素量 [g-N]

■ 排出係数

家畜排せつ物の管理に伴うCH₄及びN₂Oの排出係数については、我が国における実測の研究成果を踏まえ、図 5-3 のデシジョンツリーに従い妥当性を検討し、家畜種別、処理方法別に設定した。

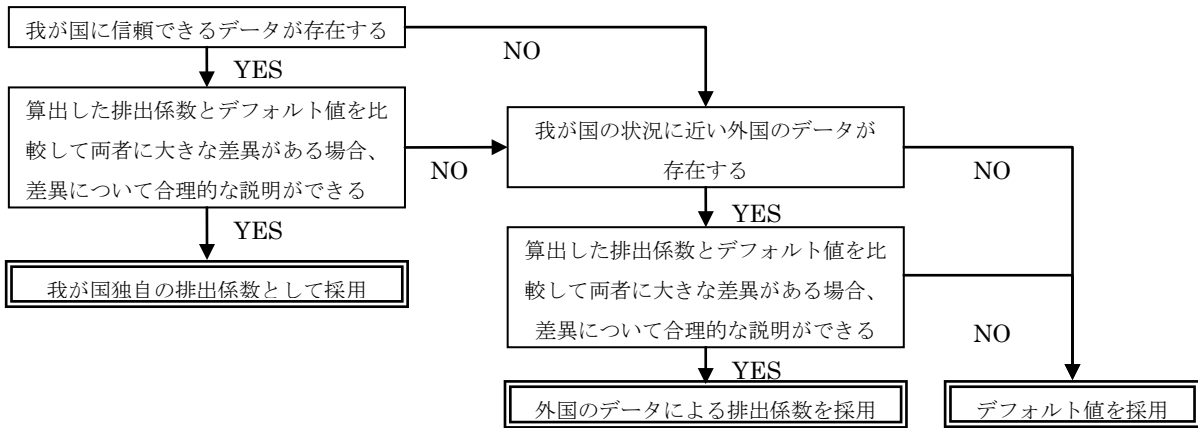


図 5-3 排出係数決定のためのデシジョンツリー

表 5-15 及び表 5-16 において、「D (デフォルト値)」と示されているCH₄排出係数は 2006 年IPCCガイドラインに示されたAsiaのBo (最大CH₄発生ポテンシャル) (乳用牛 : 0.13、肉用牛 : 0.10、豚 : 0.29) およびMCF (メタン発生係数、表 5-14) を用いて、以下の式で示すように計算した。なお、2006 年IPCCガイドラインにおいて、貯留および強制発酵のMCFは気候区分別に掲載されているため、地域別平均気温から設定したMCF値を地域別家畜頭数で加重平均して算出した。MCF値の設定に使用した地域別の平均気温は表 5-13 の通り。各家畜が主に飼養されている市町村の平均気温から設定した。

表 5-13 MCF 値の設定に使用した地域別の平均気温[°C]

	乳用牛	肉用牛	豚
北海道	5.3	6.2	7.4
東北	8.5	11.0	10.1
関東	11.9	12.1	14.4
北陸	14.0	14.0	12.7
東海	16.0	14.3	15.0
近畿	15.9	16.0	13.5
中国	14.6	15.0	14.4
四国	16.3	16.1	15.5
九州沖縄	15.8	16.5	16.3

$$EF_{CH_4-n} = Bo [m^3\text{-CH}_4/\text{kg-有機物}] \times 0.67 [\text{kg-CH}_4/m^3\text{-CH}_4] \times MCF [\%]$$

また、わが国独自の排出係数については、実測結果から直接排出係数を算出しているため、MCFの値は設定していない。

表 5-14 デフォルトの排出係数の計算に用いた MCF (メタン発生係数)

処理区分	MCF	2006年 IPCC ガイドラインの分類
貯留 (肉用牛)	24 %	Liquid/ Slurry- Without natural Crust (加重平均で算出)
貯留 (豚)	25 %	Liquid/ Slurry- Without natural Crust (加重平均で算出)
強制発酵 (乳用牛)	0.6%	Composting – In-vessel (加重平均で算出)
強制発酵 (肉用牛)	0.8%	Composting – In-vessel (加重平均で算出)
浄化 (乳用牛、肉用牛)	0%	Aerobic treatment

上記以外の区分には国独自の排出係数等を用いているため、MCFの値は設定していない。

出典: 2006年 IPCC ガイドライン、Table 10.17 (参考文献1)

わが国で最も一般的に行われている家畜排せつ物処理方法である「堆積発酵」に関して、Osadaら(2005、参考文献32)は堆肥盤を覆うチャンバーを用いてCH₄とN₂O排出を実測した。この値をもとにわが国の乳用牛、肉用牛、豚の排出係数を設定している。

乳用牛および肉用牛の「放牧」の排出係数は、採取したふん尿を放牧地のチャンバー内に設置し、実測した値をもとに設定している。

採卵鶏・ブロイラーの「強制発酵・ふん」の排出係数には、専門家判断により豚の排出係数を適用している。

乳用牛の「貯留」および「メタン発酵」のCH₄の排出係数について、フロートチャンバー法などを用いて貯留システムおよびメタン発酵システムにおいて実測した値から気温を変数として全国9地域別の排出係数が構築されており(農林水産省調査(参考文献52))、地域別の飼養頭数(「畜産統計」に記載)で加重平均した排出係数を用いた(表5-17)。排出係数が1990年に比べて最新年で小さくなっているのは、気温が低く、排出係数の小さい北海道地域の飼養割合が徐々に増加しているためである(1990年:42%、2012年:57%)。

また、乳用牛のふんは含水率が高く嫌気性環境になりやすいことから、ふんの堆積発酵におけるCH₄排出係数が大きな数値になっていると考えられる。

表 5-15 牛、豚、採卵鶏、ブロイラーの排せつ物管理に伴うCH₄排出係数 [g-CH₄/g有機物]

処理区分		乳用牛		肉用牛		豚		採卵鶏 ブロイラー	
12. 貯留		表 5-17	J ⁹	1.6 %	D ¹	4.9 %	D ¹	—	
13. 天日乾燥		0.20 %	J ³	0.20 %	J ³	0.20 %	J ³	0.14 %	J ¹¹
14. Other	14a. 火力乾燥	0 %							Z ⁴
	14b. 強制発酵・ふん	0.052 %	D ¹	0.054 %	D ¹	0.080 %	J ⁸	0.080 %	Sw
	14c. 堆積発酵	3.80 %	J ⁵	0.13 %	J ⁵	0.16 %	J ⁵	採卵鶏: 0.13 %、 ブロイラー: 0.02 %	J ¹³
	14d. 焼却	0.4 %							O ^{4,2}
	14e. 強制発酵・尿	0.052 %	D ¹	0.054 %	D ¹	0.097 %	D ¹	—	
	14e. 強制発酵・ふん尿混合					0.080 %	J ⁸		
	14f. 浄化					0 %	D ¹		
	14g. メタン発酵・ふん	3.80 %	PI	0.13 %	PI	0.16 %	PI	採卵鶏: 0.13 %、 ブロイラー: 0.02 %	PI
	14g. メタン発酵・ふん尿混合	表 5-17	J ⁹	3.0 %	PS	8.7 %	PS	—	
	14i. 放牧	0.095 %			J ¹⁰	—		0.14 %	SD
	14k. その他・ふん	3.80 %	M	0.4 %	M	0.4 %	M	0.4 %	M
14k. その他・ふん尿混合	3.90 %	M	3.0 %	M	8.7 %	M	—		

※注釈、出典は表 5-16 参照

表 5-16 牛、豚、採卵鶏、ブロイラーの排せつ物管理に伴うN₂O排出係数 [g-N₂O-N/g-N]

処理区分		乳用牛		肉用牛		豚		採卵鶏 ブロイラー	
12. 貯留		0.02 %	J ⁹	0 %		D ¹		—	
13. 天日乾燥		2.0 %					D ¹	0.33 %	J ¹¹
14. Other	14a. 火力乾燥	2.0 %							D ¹
	14b. 強制発酵・ふん	0.25 %		J ⁶	0.16 %	J ⁸	0.16 %	Sw	
	14c. 堆積発酵	2.40 %	J ⁵	1.60 %	J ⁵	2.50 %	J ⁵	採卵鶏: 0.54 %、 ブロイラー: 0.08 %	J ¹³
	14d. 焼却	0.1 %							O ⁴
	14e. 強制発酵・尿	1.0 %					D ¹	—	
	14e. 強制発酵・ふん尿混合	1.0 %	D ¹	0.25 %	J ⁷	0.16 %	J ⁸		
	14f. 浄化	5.0 %			J ⁷	2.87 %	J ¹²		
	14g. メタン発酵・ふん	2.40 %	PI	1.60 %	PI	2.50 %	PI	採卵鶏: 0.54 %、 ブロイラー: 0.08 %	PI
	14g. メタン発酵・ふん尿混合	0.15 %	J ⁹	0.1 %			PS	—	
	14i. 放牧	0.485 %			J ¹⁰	—		0.33 %	SD
	14k. その他・ふん	2.4 %	M	2.0 %	M	2.5 %	M	2.0 %	M
14k. その他・ふん尿混合	5.0 %	M	5.0 %	M	2.87 %	M	—		

D: 2006 IPCC ガイドラインのデフォルト値を利用 (Asia の値を利用)

J: 我が国の観測データより設定

O: 他国のデータより設定

Z: 原理的に排出は起こらないとの仮定により設定

PI: 堆積発酵の値を適用

PS: 貯留の値を適用

SD: 天日乾燥の値を適用

Sw: 豚の排出係数を適用

M: 「ふん」または「ふん尿混合」に対する処理区分の最大値を適用

*採卵鶏・ブロイラーについては、ふんに近いふん尿混合状態であるため、ふんとして扱う。

表 5-15、表 5-16 の出典

- 1: 2006年 IPCC ガイドライン (参考文献 1)
- 2: IPCC(1995): IPCC 1995 Report (参考文献 2)
- 3: 石橋ら、「畜産業における温室効果ガス排出削減技術の開発 (第2報) (2003) (参考文献 28)
- 4: 畜産技術協会「畜産における温室効果ガスの発生制御 総集編」(2002) (参考文献 17)
- 5: Osada et al., Greenhouse gas generation from livestock waste composting (2005) (参考文献 32)
- 6: Osada et al., Determination of nitrous oxide, methane, and ammonia emissions from a swine waste composting process (2000) (参考文献 30)
- 7: Osada, Nitrous Oxide Emission from Purification of Liquid Portion of Swine Wastewater (2003) (参考文献 31)
- 8: 平成 20 年度環境バイオマス総合対策推進事業のうち農林水産分野における地球温暖化対策調査事業報告書 (全国調査事業) (参考文献 41)
- 9: 農林水産省「平成 23 年度農林水産分野における地球環境対策推進手法の開発事業のうち農林水産業由来温室効果ガス排出量精緻化検討・調査事業」(参考文献 52)
- 10: 算定方法検討会農業分科会設定値
- 11: 土屋ら、「鶏糞乾燥処理施設における温室効果ガス発生量の測定」日本畜産学会報 (2013) (参考文献 54)
- 12: 農林水産省「平成 24 年度農林水産分野における地球環境対策推進手法開発事業のうち農林水産業由来温室効果ガス排出量精緻化検討・調査事業 報告書」(参考文献 55)
- 13: 農林水産省「平成 25 年度農林水産分野における地球環境対策推進手法開発事業のうち農林水産業由来温室効果ガス排出量精緻化検討・調査事業」(参考文献 56)

表 5-17 乳用牛の「貯留」および「メタン発酵」のCH₄排出係数 [g-CH₄/g-有機物]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
貯留	2.47%	2.44%	2.42%	2.41%	2.40%	2.40%	2.39%	2.39%	2.38%	2.37%	2.37%	2.37%	2.37%
メタン発酵	3.22%	3.17%	3.14%	3.11%	3.11%	3.11%	3.10%	3.08%	3.07%	3.06%	3.06%	3.06%	3.06%

※農林水産省調査 (参考文献 52、上記 No.10) の地域別排出係数をもとに、地域別の飼養頭数で加重平均している

■ 活動量

活動量については、年間に各家畜種から排せつされる有機物量及び窒素量の推計値をそれぞれ用いた。

$$A_{CH4-n} = P \times Ex \times Day \times Org \times Mix_n \times MS_n / 1000$$

$$A_{N2O-n} = P \times Nex \times Day \times Mix_n \times MS_n / 1000$$

- A_{CH4-n} : 各家畜種から排せつされる有機物量 [kt]
- A_{N2O-n} : 各家畜種から排せつされる窒素量 [kt]
- P : 家畜の飼養頭数 [千頭]
- Ex : 1 頭あたり 1 日あたりの排せつ物量 [kg/頭/日]
- Org : 排せつ物中の有機物含有率 [%]
- Nex : 1 頭あたり 1 日あたりの排せつ物中窒素量 [kg-N/頭/日]
- Day : 年間日数[日]
- Mix_n : 排せつ物分離・混合処理の割合 [%]
- MS_n : 排せつ物管理区分割合 [%]

各家畜種から排せつされる年間有機物量は、家畜種ごとの飼養頭数に一頭当たりの排せつ物排せつ量、有機物含有率を乗じることによって総量を算定し、年間窒素量は、家畜種ごとの飼養頭数に一頭当たりの排せつ物中窒素量を乗じることによって総量を算定した。その総量に、排せつ物分離処理割合及び各排せつ物管理区分割合を乗じ、各排せつ物管理区分に有機物量及び窒素量を割り振った。排せつ物分離処理割合及び各排せつ物管理区分割合には、

1997年と2009年の調査結果が存在する。1997年の調査は「家畜排せつ物法」(1999年施行、不適切な排せつ物管理を禁止する法律で、排せつ物管理区分割合が変わる契機となった)施行以前のデータである。そのため、1997年の調査結果を1999年以前に適用し、2009年度以降は2009年の調査結果を用いた。2000～2008年度はそれらを内挿した(表5-21、表5-22)。

乳用牛、肉用牛、豚の飼養頭数は「3.A.消化管内発酵」と同じ出典のものを使用している。採卵鶏、ブロイラーは「畜産統計」および「畜産物流通統計」に示された羽数を用いた(下記表5-18参照)。

表 5-18 採卵鶏、ブロイラーの羽数 [1000羽]

家畜種	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
採卵鶏	188,786	190,634	186,202	179,726	180,697	186,583	184,773	180,994	179,770	178,546	177,607	174,784	174,806
ブロイラー	142,740	118,123	106,311	102,277	103,687	105,287	102,987	107,141	113,262	119,383	125,503	131,624	135,747

※調査のなかった2009～2011年度のブロイラーの値および2004年度、2009年度の採卵鶏の値は内挿値。
(出典) 農林水産省「畜産統計」、「畜産物流通統計」

表 5-19 家畜種ごとの排せつ物排せつ量 (Ex) 及び排せつ物中窒素量 (Nex)

家畜種	排せつ物量 [kg/頭/日]		窒素量 [g-N/頭/日]		
	ふん	尿	ふん	尿	
乳用牛	搾乳牛	45.5	13.4	152.8	152.7
	乾・未経産	29.7	6.1	38.5	57.8
	育成牛	17.9	6.7	85.3	73.3
肉用牛	2歳未満	17.8	6.5	67.8	62.0
	2歳以上	20.0	6.7	62.7	83.3
	乳用種	18.0	7.2	64.7	76.4
豚	肥育豚	2.1	3.8	8.3	25.9
	繁殖豚	3.3	7.0	11.0	40.0
採卵鶏	雛	0.059	-	1.54	-
	成鶏	0.136	-	3.28	-
ブロイラー	0.130	-	2.62	-	

(出典) 「家畜の排泄物量推定プログラム」(築城ら)(参考文献38)

表 5-20 家畜種ごとの排せつ物中の有機物含有率 (湿ベース) (Org)

家畜種	有機物含有率	
	ふん	尿
乳用牛	16%	0.5%
肉用牛	18%	0.5%
豚	20%	0.5%
採卵鶏	15%	—
ブロイラー	15%	—

(出典) 畜産技術協会「畜産における温室効果ガスの発生制御 総集編」(2002)(参考文献17)

表 5-21 家畜種ごとの排せつ物管理区分割合（乳用牛、肉用牛、豚）（MS_n）

ふん尿 分離状況	処理方法	乳用牛			肉用牛			豚			
		~1999	2000~ 2008	2009~	~1999	2000~ 2008	2009~	~1999	2000~ 2008	2009~	
ふん尿 分離 処理	ふん	天日乾燥	2.8%	内挿	2.0%	1.5%	内挿	0.9%	7.0%	内挿	0.7%
		火力乾燥	0%	—	0%	0%	—	0%	0.7%	内挿	0.1%
		強制発酵	9.0%	内挿	6.6%	11.0%	内挿	8.1%	62.0%	内挿	48.2%
		堆積発酵等	88.0%	内挿	90.1%	87.0%	内挿	89.8%	29.6%	内挿	49.3%
		焼却	0.2%	内挿	0%	0.5%	内挿	—	0.7%	内挿	0.6%
		メタン発酵	—	—	—	—	—	—	—	内挿	0.1%
		公共下水道	—	—	0%	—	—	—	—	—	—
		放牧	—	—	0%	—	—	—	—	—	—
	その他	—	内挿	1.3%	—	内挿	1.2%	—	内挿	1.0%	
	尿	天日乾燥	—	—	0%	—	—	0%	—	—	0%
		強制発酵	1.5%	内挿	1.7%	9.0%	内挿	1.2%	10.0%	内挿	5.4%
		浄化	2.5%	内挿	5.1%	2.0%	内挿	4.4%	45.0%	内挿	76.3%
		貯留	96.0%	内挿	89.6%	89.0%	内挿	91.5%	45.0%	内挿	15.3%
		メタン発酵	—	内挿	1.9%	—	—	0%	—	内挿	0.5%
公共下水道		—	内挿	0.8%	—	内挿	0.6%	—	内挿	0.4%	
その他	—	内挿	0.9%	—	内挿	2.4%	—	内挿	2.1%		
ふん尿 混合 処理	天日乾燥	4.4%*	内挿	1.1%	3.4%*	内挿	0.7%	6.0%	内挿	0.2%	
	火力乾燥	0%	—	0%	0%	—	0%	0%	—	0%	
	強制発酵	18.7%*	内挿	22.9%	21.8%*	内挿	10.8%	29.0%	内挿	21.3%	
	堆積発酵	13.1%*	内挿	50.9%	73.2%*	内挿	85.6%	20.0%	内挿	51.3%	
	浄化	0.3%*	内挿	0.2%	0%	—	0%	22.0%	内挿	18.5%	
	貯留	57.0%*	内挿	15.4%	0.6%*	内挿	0.1%	23.0%	内挿	4.0%	
	焼却	—	内挿	0.1%	—	—	0%	—	—	0%	
	メタン発酵	—	内挿	1.7%	—	—	0%	—	内挿	2.0%	
	公共下水道	—	内挿	0.1%	—	—	0%	—	内挿	0.7%	
	放牧	6.5%*	内挿	6.5%	1.1%*	内挿	1.1%	—	—	0%	
その他	—	内挿	1.2%	—	内挿	1.6%	—	内挿	1.9%		

(出典)

1999年以前：畜産技術協会「畜産における温室効果ガスの発生制御 第四集」（1999）（参考文献 18）

2009年以降：農林水産省「家畜排せつ物処理状況調査結果」（2009）（参考文献 51）

*：乳用牛、肉用牛に関して、畜産技術協会（参考文献 18）では放牧の区分割合が記載されていないが、算定方法の一貫性を示すため、2008年以前についても2009年以降と同じ割合を適用し、排せつ物管理区分割合の合計が100%になるよう、調整を行った。

表 5-22 家畜種ごとの排せつ物管理区分割合（採卵鶏、ブロイラー）（MS_n）

ふん尿 分離状況	処理方法	採卵鶏			ブロイラー			
		~1999	2000~ 2008	2009~	~1999	2000~ 2008	2009~	
ふん尿 分離 処理	ふん	天日乾燥	30.0%	内挿	8.2%	15.0%	内挿	2.5%
		火力乾燥	3.0%	内挿	2.2%	0%	内挿	1.1%
		強制発酵	42.0%	内挿	49.6%	5.1%	内挿	19.3%
		堆積発酵等	23.0%	内挿	36.8%	66.9%	内挿	36.7%
		焼却	2.0%	内挿	1.6%	13.0%	内挿	30.5%
		メタン発酵	—	—	—	—	内挿	0.1%
		公共下水道	—	—	—	—	—	—
		放牧	—	—	0%	—	内挿	0.1%
		その他	—	内挿	1.6%	—	内挿	9.9%

(出典) 上記表 5-21 参照

表 5-23 家畜種ごとの排せつ物分離・混合処理の割合 (Mix_n)

家畜種	ふん尿分離			ふん尿混合		
	~1999	2000~2008	2009~	~1999	2000~2008	2009~
乳用牛	60%	内挿	45.5%	40%	内挿	54.5%
肉用牛	7%	内挿	4.8%	93%	内挿	95.2%
豚	70%	内挿	73.9%	30%	内挿	26.1%
採卵鶏	100%	内挿	100%	—	内挿	—
ブロイラー	100%	内挿	100%	—	内挿	—

(出典) 1999年以前：畜産技術協会「畜産における温室効果ガスの発生制御 総集編」(2002) (参考文献 17)
2009年以降：農林水産省「家畜排せつ物処理状況調査結果」(2009) (参考文献 51)

■ 共通報告様式 (CRF) での報告方法について

CRF では、当該区分の窒素排せつ物量 (MMS) について処理方法ごと (嫌気性ラグーン (Anaerobic Lagoons)、汚水処理 (Liquid Systems)、逐次散布 (Daily Spread)、固形貯留及び乾燥 (Solid Storage and Dry Lot)、放牧 (Pasture, Range and Paddock)、堆肥化 (Composting)、消化 (Digesters)、燃料および廃棄物としての焼却 (Burned for fuel or as waste)、その他 (Other)) に報告することとされている。

牛、豚、家禽類については、我が国独自の家畜種ごとの排せつ物管理区分、及び排せつ物管理区分の実施割合を設定している。表 5-24 にその詳細を示した。

なお、我が国で堆肥化処理が多く行われている理由としては、①我が国の畜産農家の場合、発生する排せつ物の還元に必要な面積を所有していない場合が多く、経営体外での利用向けに排せつ物を仕向ける必要性が高いため、たい肥化による運搬性、取扱い性の改善が不可欠であること、②我が国は降雨量が多く施肥の流失が生じやすく、水質保全、悪臭防止、衛生管理といった観点からの要請も強いため、様々な作物生産への施肥において、スラリーや液状物に比べ、たい肥に対する需要はるかに大きいことなどがあげられる。

「嫌気性ラグーン」については、家畜ふん尿を貯留して散布するだけの農地を有する畜産家がほとんど存在せず、農地への散布を行う場合でも、事前に攪拌を行ってから散布しており「嫌氣的 (anaerobic)」な処理方法は存在しないといえるため、「NO」として報告した。

表 5-24 我が国の排せつ物管理区分と CRF における報告区分及び排せつ物管理区分の概要

我が国の区分		CRF における報告区分	排せつ物管理区分の概要	
排せつ物分離状況	排せつ物管理区分			
ふん尿分離処理	ふん	天日乾燥	Solid storage and dry lot	天日により乾燥し、ふんの取扱性（貯蔵施用、臭気等）を改善する。
		火力乾燥	Other system	火力により乾燥し、ふんの取扱性を改善する。
		強制発酵	Composting	堆肥化方法の一つ。開閉式または密閉式の強制通気攪拌発酵槽で数日～数週間発酵させる。
		堆積発酵	Composting	堆肥化方法の一つ。堆肥盤、堆肥舎等に高さ 1.5-2m 程度で堆積し、時々切り返ししながら数ヶ月かけて発酵させる。
		焼却	Burned for fuel or as waste	ふんの容積減少や廃棄、及びエネルギー利用（鶏ふんボイラー）のため行う。
		メタン発酵	Digesters	スラリー状の家畜排せつ物を嫌氣的条件下で発酵させる。発生したメタンガスはエネルギー利用する。
		公共下水道	-	浄化処理や曝気処理等を行わず、公共下水道へ放流する。排出量は廃棄物分野で計上。
		放牧	Pasture range and paddock	採食のための植生を有する土地で家畜を飼養する。N ₂ Oは「放牧地、放牧場、小放牧地（3.D.2）」で計上。
		その他	Other system	上記以外の処理を行っている。
	尿	強制発酵	Composting	貯留槽において曝気処理する。
		浄化	Aerobic treatment	活性汚泥など、好気性微生物によって、汚濁成分を分離する。
		貯留	Liquid system	貯留槽に貯留する。
		メタン発酵	Digesters	上記メタン発酵に同じ。
		公共下水道	-	上記公共下水道に同じ。
		その他	Other system	上記以外の処理を行っている。
ふん尿混合処理	天日乾燥	Solid storage and dry lot	天日により乾燥し、ふんの取扱性を改善する。	
	火力乾燥	Other system	ふん尿分離処理の記述に同じ。	
	強制発酵	Composting	貯留槽において曝気処理する。	
	堆積発酵	Composting	ふん尿分離処理の記述に同じ。	
	浄化	Aerobic treatment	ふん尿分離処理の記述に同じ。	
	貯留	Liquid system	貯留槽（スラリーストア等）に貯留する。	
	メタン発酵	Digesters	ふん尿分離処理に同じ。	
	公共下水道	-	上記公共下水道に同じ。	
	放牧	Pasture range and paddock	上記放牧に同じ。	
その他	Other system	上記以外の処理を行っている。		

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

CH₄排出係数の不確実性は 2006 年 IPCC ガイドラインの Tier2 の値（20%）を採用した。N₂O 排出係数の不確実性は 2006 年 IPCC ガイドラインの各パラメータの不確実性のデフォルト値を使用し、それらを合成して算出した。

活動量の不確実性は、豚は「畜産統計」掲載の標準誤差 1% を採用し、鶏は「畜産統計」掲載のブロイラーの標準誤差 9% を採用した。牛は「消化管内発酵 牛」と同様に 1% を採用した。

その結果、排出量の不確実性は、乳用牛、肉用牛および豚の CH₄、N₂O でそれぞれ -20% ~ +20%、-71% ~ +112%、鶏の CH₄、N₂O でそれぞれ -22% ~ +22%、-72% ~ +112% と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出係数は 1990 年度値から一貫した方法で算定している。活動量は「畜産統計」をもとに、1990 年度値から一貫した方法を使用している。

d) QA/QC と検証

2006年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、1章に詳述している。

放牧牛のCH₄、N₂Oの排出係数に国独自の排出係数を用いており、これらの値は2006年 IPCCガイドラインに掲載されているデフォルト値から計算した値よりも小さい。日本の放牧地の土壌は排水性のよい黒ボク土・褐色森林土が大半を占めており、そのため日本のCH₄、N₂Oの排出係数は小さくなっているのではないかと推測される。

乳用牛の貯留のCH₄、N₂Oの排出係数に国独自の排出係数を用いており、この値は2006年 IPCCガイドラインに掲載されているデフォルト値から計算した値よりも小さい。CH₄については、我が国において比較的スラリー貯留が長期におこなわれておらず、スラリーからのCH₄発生が盛んになる前に農地や採草地に散布されているためと考えられる。N₂Oについては、N₂O排出源と推定されるスカムで覆うような貯留物管理が一般的ではないことが考えられる。

鶏の堆積発酵の排出係数に関して、採卵鶏の排出係数がブロイラーよりも大きくなっている。CH₄については採卵鶏のふんの含水率が高いことが理由として考えられる。また、N₂Oの国独自の排出係数がデフォルト値よりも小さいのは、デフォルト値が鶏だけのものではない（牛や豚も含まれている）ことが理由として考えられる（牛、豚より鶏のふんの方が硝化作用が起きにくい）。

鶏の天日乾燥の国独自のN₂O排出係数がデフォルト値より小さい。これは鶏の堆積発酵の排出係数と同様、デフォルト値の対象が鶏だけではないことが理由として考えられる。

e) 再計算

該当せず。

f) 今後の改善計画及び課題

排出実態に関する研究や排出削減対策の情報収集が関係機関により継続して実施されているため、新たな成果が得られた場合には、排出係数及び各種パラメータの見直しを検討する。

5.3.2. 水牛、めん羊、山羊、馬、うさぎ、ミンク (3.B.2., 3.B.4.-)

a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは、水牛、めん羊、山羊、馬、うさぎ、ミンクの家畜排せつ物の管理によるCH₄、N₂O排出に関する算定、報告を行なう。

b) 方法論

■ 算定方法

CH₄、N₂O排出量については、2006年 IPCCガイドラインのデシジョンツリー (Volume 4, Page 10.36, Fig.10.3 及びPage 10.55, Fig.10.4) に従いTier 1法を用いて算定を行った。

$$E_{CH4} = EF_{CH4} \times P$$

$$E_{N2O} = \sum (EF_{N2O-n} \times P \times Nex \times MS_n)$$

E_{CH4} : 家畜排せつ物管理に伴うCH₄排出量 [kg-CH₄]

E_{N2O} : 家畜排せつ物管理に伴うN₂O排出量 [kg-N₂O]

- EF_{CH4} : CH₄排出係数 [kg-CH₄/年/頭]
- EF_{N2O-n} : 排せつ物処理区分nのN₂O排出係数 [kg-N₂O/年/頭]
- P : 家畜の飼養頭数 [頭]
- N_{ex} : 1頭あたりの排せつ物中窒素量 [kg-N/頭]
- MS_n : 排せつ物管理区分割合 [%]

■ 排出係数

CH₄排出係数については、2006年IPCCガイドラインに示された先進国の温帯のデフォルト値を使用した。水牛については「Asia」温帯のデフォルト値を採用した。

N₂O排出係数については、2006年IPCCガイドラインに示されたデフォルト値を使用した。

表 5-25 水牛、めん羊、山羊、馬のCH₄排出係数

家畜種	[kg-CH ₄ /頭/年]	出典
めん羊	0.28	2006年 IPCC ガイドライン Vol.4 p10.40 Table10.15
山羊	0.20	
馬	2.34	
水牛	2	2006年 IPCC ガイドライン Vol.4 p10.39 Table10.14
うさぎ	0.08	2006年 IPCC ガイドライン Vol.4 p10.41 Table10.16
ミンク	0.68	

表 5-26 水牛、めん羊、山羊、馬、うさぎ、ミンクのN₂O排出係数

排せつ物管理区分		[kg-N ₂ O-N/ kg-N]
Drylot	乾燥	2.0%
Pasture Range and Paddock (水牛)	その他 (放牧地/牧野/牧区)	2.0%
Pasture Range and Paddock (めん羊、山羊、馬)	その他 (放牧地/牧野/牧区)	1.0%
Daily spread	逐次散布	0%
Burned for fuel	燃料利用	0%

(出典) Drylot, Daily Spread : 2006年 IPCC ガイドライン Vol.4, page 10.62、Table 10.21、 Pasture Range and Paddock : page 11.11、Table 11.1

■ 活動量

めん羊、山羊、馬、水牛の家畜頭数は「3.A.消化管内発酵」と同じデータを使用した(表 5-11 参照)。うさぎ、ミンクに関しては、農林水産省「小動物及び実験動物等の飼養状況」に示された飼養頭数を用いた(表 5-27 参照)。

N₂Oに関して、各家畜の飼養頭数に家畜1頭あたりの排せつ物中窒素量(または体重に体重あたりの排せつ物窒素量を掛け合わせて算出した値)を乗じて総窒素量を算出し、その総窒素量に排せつ物管理区分ごとの割合を掛け合わせ、排出処理区分ごとの窒素量を算出する。水牛の排せつ物管理区分割合は2006年IPCCガイドラインのデフォルト値を使用した(排せつ物管理区分割合は「Asia」のデフォルト値)。2006年IPCCガイドラインでデフォルト値が示されていないうさぎ、ミンクに関しては専門家判断により、100%乾燥処理されるとした。2006年IPCCガイドラインでデフォルト値が示されていないめん羊、山羊、馬については「その他の家畜カテゴリーからのふん尿は概して放牧地で管理される」(2006年IPCCガイドライン、Vol.4, p10.61)と記述されていることから、これら家畜の排せつ物は放牧により処理されるとみなした。

各家畜の飼養頭数はCH₄排出量の算定に用いたものと同じ値を用いた。

表 5-27 うさぎ、ミンクの飼養頭数 [1000 頭]

家畜種	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
うさぎ	15	16	21	18	19	19	19	18	18	18	18	18	18
ミンク	155	11	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

(出典) 農林水産省「小動物及び実験動物等の飼養状況」

表 5-28 水牛、めん羊、山羊、馬、うさぎ、ミンクの体重および排せつ物中窒素量 (Nex)

家畜種	体重 [kg]	体重あたりの排せつ物中窒素量 [kg-N (1000kg-家畜体重) ⁻¹ 日 ⁻¹]	家畜排せつ物中窒素量 [kg-N (頭) ⁻¹ 年 ⁻¹]
水牛	380	0.32	(44.4)
めん羊	48.5	1.17	(20.7)
山羊	38.5	1.37	(19.3)
馬	377	0.46	(63.3)
うさぎ	-	-	8.1
ミンク	-	-	4.59

(出典) 2006年 IPCC ガイドライン Vol.4、Table 10A-9 および Table 10A-6、
2006年 IPCC ガイドライン Vol.4、page 10.59、Table 10.19

表 5-29 水牛の排せつ物管理処理区分割合 (MS_n)

排せつ物管理区分		処理区分割合
		水牛
Lagoons	嫌気性ラグーン	0%
Liquid /Slurry	汚水処理	0%
Solid Storage	固形貯留	0%
Drylot	乾燥	41%
Pasture Range and Paddock	放牧地/牧野/牧区	50%
Daily Spread	逐次散布	4%
Digeter	消化	0%
Burned for Fuel	燃料利用	5%
Other	その他	0%

(出典) 2006年 IPCC ガイドライン Vol.4、Table 10A-6、

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

家畜ごとに不確実性の評価を行った。CH₄排出係数の不確実性は、2006年IPCCガイドラインのTier1の値(30%)を採用した。N₂O排出係数の不確実性は2006年IPCCガイドラインの各パラメータの不確実性のデフォルト値を使用し、それらを合成して算出した。活動量の不確実性は、畜産統計のブロイラーの値で代替し、9%とした。その結果、各家畜のCH₄、N₂Oの不確実性は、それぞれ、-31%~+31%、-72%~+112%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出係数はすべての年で一定値を使用している。活動量については、めん羊及び山羊は「家畜改良関係資料」、馬は「馬関係資料」、水牛は「沖縄県畜産統計」を用い、それぞれ1990年度値から一貫した方法を使用して、算定している。

d) QA/QC と検証

2006年IPCCガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリQC手続きを実施している。一般的なインベントリQCには、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC活動については、1章に詳述している。

e) 再計算

うさぎ、ミンクを追加算定した。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

5.3.3. その他の家畜 (3.B.4.-)

上述した算定している家畜以外に農林水産省「小動物及び実験動物等の飼養状況」において、鹿、トナカイ、銀ぎつね、その他の家禽類（あひる・あいがも、七面鳥など）が掲載されているが、飼育頭数が少なく、いずれも算定方法検討会で定めた算定対象となる 3000t-CO₂ 換算という閾値を超える排出量とはならないため、重要ではない「NE」として報告した（別添5参照）。

5.3.4. 間接 N₂O 排出量 (3.B.5.)

5.3.4.1. 大気沈降 (3.B.5.-)

a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは、家畜排せつ物処理過程でNH₃やNO_xとして揮発した窒素化合物による大気沈降に伴い発生したN₂Oの排出量の算定、報告を行う。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年IPCCガイドラインのデシジョンツリー (Vol.4 Page 10.55, Fig.10.4) に従い、Tier2法でN₂O排出量の算定を行った。

$$E = N_{\text{Volatilization-MMS}} \times EF \times 44/28$$

E : 大気沈降によるN₂O排出量 (家畜排せつ物処理過程) [kg-N₂O]

N_{Volatilization-MMS} : 家畜排せつ物処理過程でNH₃やNO_xとして揮発した窒素量 [kg (NH₃-N+NO_x-N)]

EF : 排出係数 [kg-N₂O-N/kg (NH₃-N+NO_x-N)]

■ 排出係数

0.010 [kg-N₂O-N/kg-NH₃-N & NO_x-N deposited] (2006年IPCCガイドライン Vol.4 Table11.3)

■ 活動量

活動量は下記の式で示したように、家畜のふん尿管理からNH₃やNO_xとして揮発した窒素量 (N_{Volatilization-MMS}) は、上記 5.3.1.で算出した各処理方式の家畜排せつ物中の窒素量 (N_{Bi}) と各処理方式の畜舎における家畜排せつ物からの揮散割合 (Frac_{GASM1i}) と各処理方式の処理時における家畜排せつ物からの揮散割合 (Frac_{GASM2i}) から算出した。各処理方式の揮散割合は「わが国農耕地における窒素負荷の都道府県別評価と改善シナリオ」(寶示戸ら (2003)) (参考文献 58) に示されたデータから設定した (表 5-30)。浄化処理に関しては処理時に揮散しないと設定した。なお、放牧家畜のふん尿からNH₃やNO_xとして揮発した窒素からの間接N₂O排出量は 3.D.b.1.で報告している。

$$N_{\text{Volatilization-MMS}} = \sum \{ N_{Bi} \times (Frac_{GASM1i} + Frac_{GASM2i}) \}$$

N_{Volatilization-MMS} : 家畜排せつ物処理過程でNH₃やNO_xとして揮発した窒素量 [kg (NH₃-N+NO_x-N)]

N_{Bi} : 処理方式 i における家畜排せつ物中の窒素量 [kg-N]

Frac_{GASM1i} : 処理方式 i の畜舎における家畜排せつ物から NH₃ や NO_x として揮発する割合 [kg-NH₃-N + NO_x-N/kg-N]

Frac_{GASM2i} : 処理方式 i の処理時に家畜排せつ物から NH₃ や NO_x として揮発する割合 [kg-NH₃-N + NO_x-N/kg-N]

表 5-30 家畜排せつ物からの揮散割合（畜舎・処理時）

家畜種	処理区分		畜舎からの揮散割合 (Frac _{GASM1})	処理時揮散割合 (Frac _{GASM2})
	ふん	尿		
乳用牛	ふん	強制発酵以外	10.3%	13.7%
		強制発酵	10.3%	1.9%
	尿	浄化以外	10.3%	11.0%
		浄化	10.3%	0%
	ふん尿混合	浄化・貯留・メタン発酵以外	4.5%	13.7%
		貯留・メタン発酵	10.3%	10.8%
肉用牛	ふん	強制発酵以外	6.38%	13.7%
		強制発酵	6.38%	1.9%
	尿	浄化以外	6.38%	11%
		浄化	6.38%	0%
	ふん尿混合	浄化・貯留・メタン発酵以外	6.38%	13.7%
		貯留・メタン発酵	6.38%	10.8%
豚	ふん	すべての処理	14.7%	19.7%
		浄化以外	14.7%	27.0%
	尿	浄化	14.7%	0%
		浄化・貯留・メタン発酵以外	15.8%	24.2%
	ふん尿混合	浄化	14.7%	0%
		貯留・メタン発酵	14.7%	25.0%
採卵鶏・ブロイラー	ふん	すべての処理	8.4%	51.5%

(出典)「わが国農耕地における窒素負荷の都道府県別評価と改善シナリオ」(寶示戸ら(2003))(参考文献58)から設定

表 5-31 家畜排せつ物処理過程でNH₃やNO_xとして揮発した窒素量 [kt(NH₃-N+NO_x-N)]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
乳用牛	33.3	31.5	28.5	26.6	26.2	25.3	24.5	23.9	23.4	23.0	22.9	22.5	21.9
肉用牛	26.8	27.8	26.8	26.2	26.3	26.8	27.7	27.9	27.6	26.4	26.1	25.2	24.5
豚	43.6	38.1	37.0	34.6	33.8	33.8	33.3	33.2	32.4	32.1	32.1	31.9	31.4
鶏(採卵鶏、ブロイラー)	187.6	177.5	166.9	160.2	161.2	165.8	164.3	163.8	166.2	168.6	171.3	172.4	174.7
その他の家畜(水牛、ミンク、うさぎ)	0.10	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
合計	291.5	274.9	259.3	247.7	247.5	251.7	249.8	248.8	249.6	250.1	252.5	251.9	252.5

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

後述の「大気沈降」の節で算出した不確実性(-106%~+447%)を用いた。

■ 時系列の一貫性

排出係数はすべての年で一定値(デフォルト値)を使用している。活動量に関して、揮散割合はすべての年で一定値を使用し、家畜排せつ物量は5.3.1.で算出した値を用いており、1990年度値から一貫した方法を使用し、算定している。

d) QA/QCと検証

2006年IPCCガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリQC手続きを実施している。一般的なインベントリQCには、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC活動については、1章に詳述している。

e) 再計算

2006年 IPCC ガイドラインの適用とともに揮発割合の設定方法を変更した。

f) 今後の改善計画及び課題

「5.3.1. 牛、豚、家禽類（採卵鶏、ブロイラー）（3.B.1., 3.B.3., 3.B.4.-）」に同じ。

5.3.4.2. 窒素溶脱・流出（3.B.5.-）

「家畜排せつ物法」が制定されており、家畜排せつ物管理の際に施設から汚水が流出しない処置を施すこと（床をコンクリート張りとしたり、防水シートを敷くなど）が義務付けられていることから、家畜排せつ物処理時に地下水等に窒素が溶脱・流出する可能性については極めて低い。そのため、この排出源については「NO」として報告する。

5.4. 稲作（3.C.）

CH₄は嫌気性条件で微生物の働きによって生成されるため、水田はCH₄生成に好適な条件が整っていると言える。日本ではすべての水田が灌漑されており、間断灌漑水田（中干しされる水田）と常時湛水田に分かれ、これらが算定の対象となる。日本では主に、間断灌漑水田で稲作が営まれている。

2013年度におけるこのカテゴリーからの温室効果ガス排出量は18,077 kt-CO₂換算であり、我が国の温室効果ガス総排出量（LULUCFを除く）の1.3%を占めている。また、1990年度の排出量と比較すると4.5%の増加となっている。

表 5-32 稲作に伴うCH₄排出量

ガス	区分	単位	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
CH ₄	3.C.1.- 常時湛水田	kt-CH ₄	96.2	104.3	95.8	95.8	100.8	97.5	99.0	102.8	97.6	103.9	104.2	103.4	103.5
	3.C.1.- 間欠灌漑水田	kt-CH ₄	595.5	613.4	573.2	585.3	590.2	577.1	601.8	610.6	597.4	640.0	626.0	613.4	619.5
	合計	kt-CH ₄	691.8	717.7	669.0	681.2	691.0	674.6	700.8	713.3	695.1	743.9	730.2	716.8	723.1
		kt-CO ₂ 換算	17,294	17,942	16,726	17,029	17,275	16,865	17,520	17,833	17,377	18,596	18,254	17,921	18,077

5.4.1. 灌漑水田（間断灌漑水田（中干し）、常時湛水田）（3.C.1.）

a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは、灌漑水田からのCH₄排出の算定、報告を行う。

■ 日本の水田における水管理について

日本の一般的な水田農家の間断灌漑（中干し）水田は、2006年 IPCC ガイドラインの間断灌漑水田（複数落水）とは性質が異なる。概要を下図に示す。

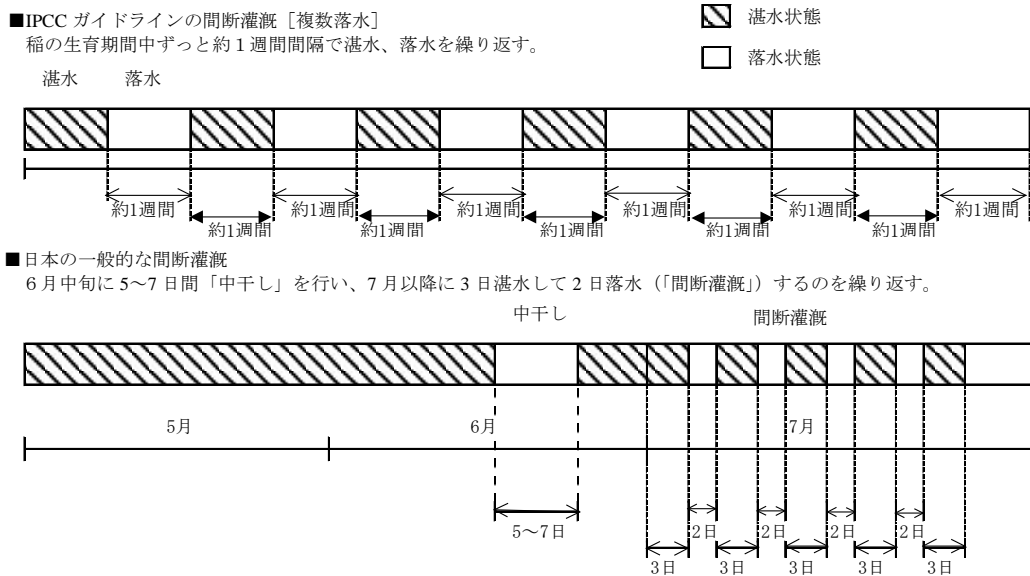


図 5-4 2006 年 IPCC ガイドラインの間断灌漑（複数落水）水田と日本の一般的な間断灌漑（中干し）水田

b) 方法論

■ 算定方法

2006 年 IPCC ガイドラインの算定方法をもとに、水田の有機物施用方法や水管理によるメタン発生量の変化を推定する数理モデルである DeNitrification-DeComposition-Rice モデル (DNDC-Rice モデル) (参考文献 60) を用いて決定した算定方法 (下記式) とそのモデルから算出した排出係数をもとに算定をおこなった。排出係数の算出には Tier3 法を用い、排出量の算定には Tier2 法を変形した方法を用いている。

$$E = \sum_{i,j,k,l} \{ (A_i \times f_{Di,j} \times f_{Wi,k} \times f_{Ol}) \times EF_{i,j,k,l} \}$$

$$EF = aX + b$$

- E : 水田からのCH₄の排出量 [kgCH₄]
- i : 地域 (全国 7 地域)
- j : 排水性 (排水不良、日排除、4 時間排除)
- k : 水管理 (間断灌漑、常時湛水)
- l : 施用有機物 (稲わら+堆肥、稲わら、堆肥、無施用)
- A : 地方別水稲作付面積
- f_D : 排水性割合
- f_w : 水管理割合
- f_o : 有機物管理割合
- EF : 地方別・排水性別・水管理別・有機物管理割合別排出係数 [kgCH₄/ha/年]
- X : 有機物施用量
- a : 傾き (有機物施用量とDNDC-Riceモデルによって算出されたCH₄排出量の回帰式より算出)
- b : 切片 (有機物施用量とDNDC-Riceモデルによって算出されたCH₄排出量の回帰式より算出)

■ 排出係数

排出係数の算出にはDNDC-Riceモデルを用いている。このモデルはDNDCモデルをベースに日本における水稲のCH₄排出量を推定できるよう日本で改良を加えたモデルである (参考

文献 60)。図 5-5 はDNDC-Riceモデルの概念図である。

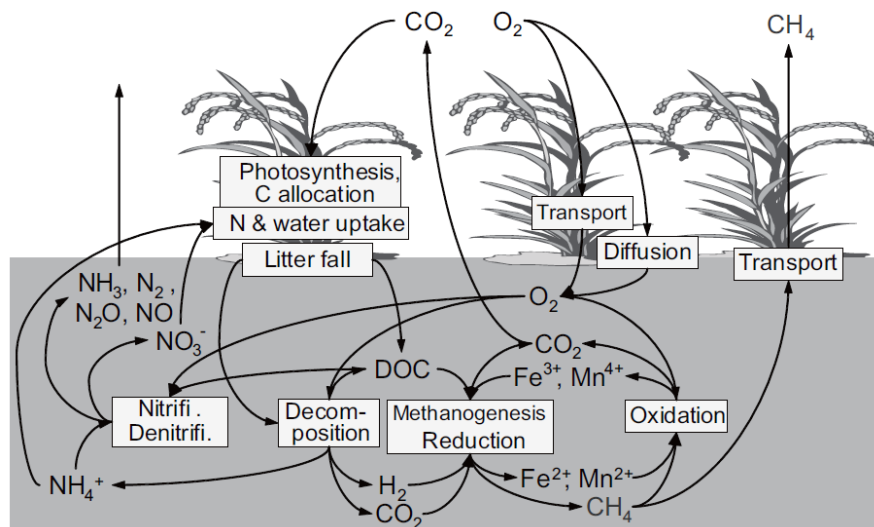


図 5-5 DNDC-Rice モデルの概念図

(出典) 麓ら (2010) (参考文献 60)

今回使用した排出係数は全国 986 地点の水田の情報を基に構築している。入力データには、土壌（土壌有機態炭素量、pH、粘土含量、乾燥密度など）、圃場の排水性（最大排水速度）、気象データ（気温、降水量）、圃場管理情報（移植日、収穫日、耕起日、耕起法、施肥日、施肥量、有機物施用日、有機物施用量、有機物 C/N 比、湛水日、落水日）を用いている。入力データの出典と概要は以下の通りである。

- ・ 土壌理化学性：土壌環境基礎調査（農林水産省）1, 2 巡目のデータのうち、DNDC-Rice モデルで入力する必要がある全てのデータが記載されている 986 地点のデータ。
- ・ 圃場の排水性：第 4 次土地利用基盤整備基本調査（農林水産省）の「湛水状況」の記載（4 時間排除、日排除、排水不良）に基づき、調査地点の最大排水速度を 15 mm day^{-1} 、 10 mm day^{-1} 、または 5 mm day^{-1} と設定した。
- ・ 気象データ：調査地点の最寄りの AMeDAS 地点の日最低気温、日最高気温、降水量を用いた。
- ・ 圃場管理情報：日本全体を気象庁の一次細分区域に従って 136 に区分し、各地の JA 等が公表している栽培歴に基づき作成したデータセット（Hayano et al., 2013）（参考文献 63）を用いた。
- ・ 有機物施用量：Yagasaki and Shirato (2014)（参考文献 64）の方法により、県別に 1981～2010 年の稲わら等の作物残渣すき込み量および堆肥の施用量を推定した。すなわち、稲わら等の作物残渣の平均すき込み量は、水稲と裏作の麦および肥飼料作物の県別収穫量統計値から推定したそれぞれの残渣発生量とそのうち土壌にすき込まれた割合をかけあわせたのち、水稲作付面積でその量を除して算出した。堆肥施用量は、土壌環境基礎調査（農林水産省）、土壌由来温室効果ガス・土壌炭素調査事業報告書（温暖化対策土壌機能調査協議会，2013）のアンケート結果等から年別の平均施用量を推定した。

DNDC-Riceモデルと上記の入力値を用いて、986 地点の 1981～2010 年（30 年間）のメタン排出フラックスを、水管理 2 シナリオ（間断灌漑および常時湛水）、有機物施用 4 シナリオ（わらと堆肥、わらのみ、堆肥のみ、施用なし）の計 8 シナリオで推定した。その結果から統計の有意差を考慮し、メタン排出フラックス推定値を 7 地域、排水性（3 段階）および水管理

と有機物施用シナリオで区分し、年別の平均値を求めた。さらに、有機物施用量（区分毎の各年の平均値）からCH₄排出フラックスを予測する回帰式（1次関数）を導出した。なお、回帰式の切片（b）は、有機物施用なしで推定した平均メタン排出フラックスに固定した。

地域別の有機物施用総量は Yagasaki and Shirato (2014)の方法で求めた県別の施用量からまとめた。さらに、インベントリの算定に用いる有機物施用量（有機物管理方法別の施用量）（X）とするため、その総量と有機物管理方法の割合（表 5-38）を用いた。地域別の各投入区分における有機物施用量およびそれらから算出された各区分の排出係数はそれぞれ下記表 5-33、表 5-34 に示したとおりである。

表 5-33 地域別の各施用区分における有機物投入量 (X) [tC/ha]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
稲わら	北海道	2.72	3.15	3.43	3.35	3.84	3.74	3.44	3.47	3.17	3.74	3.66	3.45	3.40
	東北	2.84	3.17	3.61	3.53	3.65	3.58	3.71	3.44	3.56	3.88	3.52	3.36	3.38
	北陸	3.86	3.82	4.33	4.23	3.36	3.35	3.45	3.25	3.41	4.63	4.31	3.20	3.23
	関東	2.84	3.12	3.65	3.78	3.65	3.42	3.54	3.42	3.49	3.61	3.41	3.27	3.34
	東海・近畿	3.18	3.55	3.97	4.03	4.03	3.83	3.96	3.76	3.78	4.05	3.70	3.63	3.68
	中国・四国	3.01	3.56	3.88	3.58	3.79	3.35	3.75	3.66	3.47	3.92	3.67	3.46	3.43
	九州・沖縄	2.80	2.76	3.06	2.56	2.81	2.46	2.94	3.20	2.94	3.16	2.66	2.79	2.77
堆肥	北海道	1.24	0.61	0.68	1.56	1.79	2.01	2.23	2.72	2.33	2.23	2.63	2.52	2.52
	東北	1.24	0.61	0.68	1.56	1.79	2.01	2.23	2.72	2.33	2.23	2.63	2.52	2.52
	北陸	1.25	0.61	0.68	1.57	1.79	2.01	2.23	2.72	2.33	2.23	2.63	2.52	2.52
	関東	1.35	0.73	0.72	1.86	2.13	2.39	2.64	3.22	2.73	2.59	3.08	2.94	2.93
	東海・近畿	1.25	0.61	0.68	1.58	1.81	2.03	2.26	2.76	2.35	2.24	2.66	2.54	2.54
	中国・四国	1.33	0.66	0.70	1.72	1.94	2.16	2.37	2.91	2.50	2.40	2.84	2.72	2.71
	九州・沖縄	1.55	0.93	0.84	2.43	2.84	3.26	3.69	4.56	3.89	3.69	4.55	4.33	4.30

表 5-34 各区分の稲作からのCH₄排出係数 [kgCH₄-C/ha]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
稲わら	北海道	854	970	1,046	1,024	1,158	1,131	1,051	1,058	976	1,130	1,109	1,052	1,038
	東北	933	1,021	1,139	1,119	1,150	1,131	1,166	1,095	1,127	1,211	1,116	1,074	1,079
	北陸	1,014	1,004	1,123	1,101	896	894	918	871	908	1,193	1,118	860	867
	関東	369	402	468	484	468	440	455	440	448	463	438	421	430
	東海・近畿	668	742	825	837	837	797	824	784	789	842	772	758	768
	中国・四国	671	780	843	784	826	739	818	800	763	850	802	760	754
	九州・沖縄	356	352	387	327	357	314	373	405	373	399	339	354	352
排水不良・常時湛水	北海道	452	279	298	539	600	660	721	855	747	720	830	799	799
	東北	506	337	355	593	652	711	771	903	796	770	879	848	848
	北陸	404	254	271	478	530	582	633	748	655	633	727	700	700
	関東	184	108	106	247	280	312	344	415	354	337	397	381	379
	東海・近畿	285	157	170	350	395	440	486	584	503	482	564	541	541
	中国・四国	339	208	215	416	461	504	545	652	572	552	638	613	613
	九州・沖縄	205	129	117	311	361	411	464	570	489	464	569	542	538
無施肥	北海道	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114
	東北	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
	北陸	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
	関東	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	東海・近畿	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	中国・四国	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77
	九州・沖縄	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16

表 5-34 各区分の稲作からのCH₄排出係数 [kgCH₄-C/ha] (つづき)

項目		1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
排水不良・間断灌溉	稲わら	北海道	854	970	1,046	1,024	1,158	1,131	1,051	1,058	976	1,130	1,109	1,052	1,038
		東北	903	990	1,107	1,087	1,117	1,099	1,134	1,064	1,095	1,178	1,084	1,042	1,047
		北陸	777	769	867	849	680	678	698	659	690	926	864	651	656
		関東	332	362	420	435	421	395	409	396	403	416	394	379	386
		東海・近畿	544	605	674	684	684	651	673	640	644	688	630	618	627
		中国・四国	608	709	768	713	752	671	745	728	693	775	730	691	685
	九州・沖縄	306	303	333	282	307	271	320	348	321	343	292	305	303	
	堆肥	北海道	452	279	298	539	600	660	721	855	747	720	830	799	799
		東北	481	314	332	567	625	684	743	873	768	742	849	819	819
		北陸	273	150	163	335	378	420	463	558	481	463	541	519	519
		関東	166	98	97	223	252	281	309	373	319	303	357	342	341
		東海・近畿	228	122	133	281	319	356	393	475	407	390	458	439	439
		中国・四国	300	179	185	371	413	453	491	591	516	497	578	555	554
	九州・沖縄	178	114	104	269	310	353	398	487	419	398	487	464	460	
	無施肥	北海道	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114
		東北	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
		北陸	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
		関東	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
東海・近畿		21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	
中国・四国		57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	
九州・沖縄	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19		
日排除・常時湛水	稲わら	北海道	515	590	639	625	711	694	642	647	594	693	679	643	634
		東北	697	764	854	839	862	848	874	821	845	909	836	804	808
		北陸	777	769	866	848	682	680	700	661	691	923	862	653	658
		関東	242	263	305	316	306	287	297	287	292	302	286	275	281
		東海・近畿	308	344	384	389	389	370	383	364	366	392	358	351	356
		中国・四国	274	322	349	323	342	304	338	331	314	352	331	313	310
	九州・沖縄	298	294	324	274	299	263	312	339	312	334	284	297	295	
	堆肥	北海道	256	145	157	313	352	390	429	516	446	429	500	480	480
		東北	372	242	257	437	483	528	573	674	593	573	655	632	632
		北陸	282	161	174	343	385	426	468	562	486	468	545	523	523
		関東	123	74	74	164	185	206	226	271	232	221	260	249	248
		東海・近畿	126	64	71	157	178	200	221	269	230	220	259	248	248
		中国・四国	130	74	77	164	183	202	220	266	231	223	260	249	249
	九州・沖縄	171	107	98	261	302	345	389	478	410	389	477	455	451	
	無施肥	北海道	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
		東北	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119
		北陸	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
		関東	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
東海・近畿		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
中国・四国		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
九州・沖縄	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		
日排除・間断灌溉	稲わら	北海道	358	411	446	436	497	484	448	451	414	484	474	448	442
		東北	502	552	619	608	625	615	635	595	613	660	606	582	585
		北陸	564	558	629	616	495	493	508	480	502	671	626	474	477
		関東	177	193	223	231	223	210	217	210	214	221	209	201	205
		東海・近畿	139	155	173	176	175	167	173	164	165	177	162	158	161
		中国・四国	149	175	190	176	186	165	184	180	171	192	180	170	169
	九州・沖縄	170	168	185	156	171	150	178	194	178	191	162	169	168	
	堆肥	北海道	175	96	105	215	242	270	297	359	309	297	347	333	333
		東北	259	163	173	308	342	376	410	485	424	410	471	454	454
		北陸	203	115	124	247	278	308	339	407	352	339	395	379	379
		関東	91	56	56	121	136	151	165	199	170	162	190	183	182
		東海・近畿	56	29	32	70	80	90	100	121	103	99	117	112	112
		中国・四国	68	37	38	87	98	108	118	144	125	120	141	135	134
	九州・沖縄	97	61	55	149	172	197	222	273	234	222	273	260	257	
	無施肥	北海道	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
		東北	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
		北陸	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
		関東	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
東海・近畿		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
中国・四国		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
九州・沖縄	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7		

表 5-34 各区分の稲作からのCH₄排出係数 [kgCH₄-C/ha] (つづき)

項目		1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013		
4 時間 排除・ 常時 湛水	稲 わ ら	北海道	465	533	577	564	643	627	580	584	536	626	614	581	573	
		東北	647	710	796	782	803	790	815	764	787	848	779	749	752	
		北陸	740	732	824	807	649	647	666	629	658	878	821	621	626	
		関東	319	346	401	415	402	378	390	378	385	397	376	362	370	
		東海・近畿	327	364	405	412	411	391	405	385	387	414	379	372	377	
		中国・四国	369	432	468	434	459	408	454	444	422	473	445	421	417	
		九州・沖縄	358	354	390	328	359	316	375	408	375	402	341	356	355	
	堆 肥	北海道	230	130	140	281	317	352	387	466	402	387	451	433	433	
		東北	337	214	228	400	443	486	529	625	547	528	607	585	585	
		北陸	268	152	165	326	366	406	445	535	463	445	518	497	497	
		関東	165	102	101	218	245	272	298	357	307	292	343	329	327	
		東海・近畿	137	73	80	169	192	214	237	286	245	235	276	264	264	
		中国・四国	178	103	107	222	248	273	296	359	312	300	350	336	336	
		九州・沖縄	205	127	116	313	363	414	468	575	493	468	574	547	542	
	無 施 肥	北海道	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	
		東北	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	
		北陸	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	
		関東	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	
		東海・近畿	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	
		中国・四国	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	
		九州・沖縄	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	
	4 時間 排除・ 間断 灌漑	稲 わ ら	北海道	261	300	325	318	363	354	327	329	302	353	346	327	322
			東北	457	503	564	554	570	561	579	542	558	602	552	530	533
			北陸	500	495	558	547	438	437	450	425	444	596	556	419	422
			関東	221	240	278	288	279	262	271	262	267	275	261	251	256
			東海・近畿	184	205	228	232	232	221	228	217	218	233	214	210	212
			中国・四国	256	300	325	301	318	283	315	308	293	328	309	292	289
九州・沖縄			213	210	232	195	213	187	223	242	223	239	203	212	210	
堆 肥		北海道	126	69	75	156	176	196	216	261	225	216	253	243	243	
		東北	233	144	154	278	310	341	372	441	385	371	428	412	412	
		北陸	177	97	106	216	244	271	298	360	310	298	348	334	334	
		関東	113	68	68	150	169	188	206	248	212	202	237	228	227	
		東海・近畿	76	40	44	95	107	120	133	161	138	132	155	148	148	
		中国・四国	123	70	73	153	171	189	205	248	216	208	243	233	232	
		九州・沖縄	121	75	68	186	215	246	278	342	293	278	341	325	323	
無 施 肥		北海道	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
		東北	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	
		北陸	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
		関東	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
		東海・近畿	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
		中国・四国	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
		九州・沖縄	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	

■ 活動量

地域別水稲作付面積 (A) は農林水産省「耕地及び作付面積統計」に示された値を用いた。排水性割合 (f_D)、水管理割合 (f_w)、有機物管理割合 (f_O) はそれぞれ下記表 5-35～表 5-38 に示した農林水産省等の調査データをそれぞれ用いている。

表 5-35 地域別水稲作付面積 (A) [kha]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
北海道	146	163	135	121	119	116	116	115	115	115	114	113	113
東北	525	539	456	441	444	441	436	419	421	429	406	414	419
北陸	258	260	221	217	218	217	216	211	211	213	213	213	215
関東	386	390	336	331	331	329	329	320	320	322	323	324	324
東海	117	116	95	90	91	90	89	88	87	88	88	88	87
近畿	145	148	122	116	117	114	113	111	111	111	111	111	111
中国・四国	236	232	187	182	182	181	178	176	176	178	176	175	175
九州・沖縄	246	251	207	206	206	204	200	196	196	202	202	203	203
合計	2,058	2,098	1,758	1,703	1,708	1,691	1,678	1,637	1,637	1,657	1,632	1,640	1,647

※算定上では東海と近畿は1地域としてまとめられ計算されている
(出典) 農林水産省「耕地及び作付面積統計」(参考文献 10)

表 5-36 排水性割合 (f_D)

地域	4時間排除割合	日排除程度割合	排水不良割合
北海道	51%	42%	7%
東北	63%	31%	6%
北陸	69%	26%	4%
関東	59%	32%	9%
東海・近畿	69%	23%	8%
中国・四国	65%	27%	8%
九州・沖縄	74%	21%	5%

(出典) 農林水産省「第4次土地利用基盤整備基本調査」(参考文献 61)

表 5-37 水管理割合 (f_w)

地域	常時湛水田割合	間断灌漑水田割合
北海道	48%	52%
東北	5%	95%
北陸	4%	96%
関東	14%	86%
東海・近畿	11%	89%
中国・四国	8%	92%
九州・沖縄	7%	93%

(出典) 温暖化対策土壌機能調査協議会「土壌由来温室効果ガス・土壌炭素調査事業」(参考文献 44)

表 5-38 日本の有機物管理方法の割合 (f_o)

項目	1990~2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
わら施用	60%	65%	61%	57%	62%	65%	65%
各種堆肥施用	20%	18%	23%	26%	22%	23%	23%
無施用	20%	17%	16%	17%	16%	12%	12%

(出典) 1990~2007年値：農林水産省「土壌環境基礎調査」(参考文献 43)

2008年以降：温暖化対策土壌機能調査協議会「土壌由来温室効果ガス・土壌炭素調査事業」(参考文献 44)

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

排出係数の不確実性は、DNDC-Rice モデルから算出した 6%を用いた。活動量の不確実性は、「耕地及び作付面積統計」に示された水田面積の標準誤差(1%)を採用した。その結果、排出量の不確実性は 6%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出量は時系列的に一貫した算定方法、出典を用いて算定されている。

d) QA/QC と検証

2006年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、1章に詳述している。

なお、DNDC-Rice モデルから算出されたメタン排出量の推定値と圃場におけるメタン排出量の実測値の比較は、Minamikawa et. al.(2014) (参考文献 62)、麓ら (2010) (参考文献 60) の論文などで実施され、報告されている。また、DNDC-Rice モデルから算出された排出係数

を我が国のインベントリに適用することについては、算定方法検討会の農業分科会で検討を行い、妥当性の確認を行っている。

e) 再計算

DNDC-Rice モデルの適用をおこなった。

f) 今後の改善計画及び課題

将来的に DNDC-Rice モデルの研究が進み、改良・アップデートされた際には、改良版 DNDC-Rice モデルの適用を検討する。

5.4.2. 天水田、深水田、その他の水田 (3.C.2., 3.C.3., 3.C.4.)

天水田、深水田については、IRRI (International Rice Research Institute) の「World Rice STATISTICS 1993-94」に示されている通り、日本には存在しないため、「NO」として報告した。

その他の水田については、IRRI (International Rice Research Institute) の「World Rice STATISTICS 1993-94」に示されている通り、陸稲の作付田が考えられるが、陸稲の作付田は湛水しないため畑土壌と同様に好氣的である。CH₄生成菌は絶対嫌気性菌であり、土壌が嫌気性に保たれなければCH₄は排出されない。従って、「NA」として報告した。

5.5. 農用地の土壌 (3.D.)

ここでは、農用地からのN₂Oの直接排出（無機質肥料の施肥、有機質肥料の施肥、放牧家畜の排せつ物、作物残渣のすき込み、土壌有機物の損失／獲得による無機化／固定化、有機質土壌の耕起）及び間接排出（大気沈降、窒素溶脱）を対象に算定、報告を行う。

2013 年度におけるこのカテゴリーからの温室効果ガス排出量は 6,476 kt-CO₂換算であり、我が国の温室効果ガス総排出量（LULUCFを除く）の 0.5%を占めている。また、1990 年度の排出量と比較すると 20.9%の減少となっている。

表 5-39 農用地の土壌からのN₂O排出量

ガス	区分	単位	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013		
N ₂ O	3.D.a. 直接排出	1.合成肥料	kt-N ₂ O	6.2	5.3	5.0	4.9	4.8	4.7	5.0	3.7	3.7	4.3	4.0	4.1	4.1	
		2.有機質肥料	kt-N ₂ O	5.5	5.3	5.0	4.6	4.6	4.7	5.1	4.8	4.5	4.8	4.8	4.7	4.6	
		3.放牧地のふん尿	kt-N ₂ O	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
		4.作物残渣	kt-N ₂ O	2.4	2.3	2.5	2.4	2.3	2.2	2.2	2.2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
		5.無機化	kt-N ₂ O	3.3	3.2	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
		6.有機質土壌の耕起	kt-N ₂ O	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
	3.D.b. 間接排出	1.大気沈降	kt-N ₂ O	2.7	2.6	2.4	2.3	2.2	2.3	2.4	2.1	2.0	2.2	2.2	2.2	2.1	
		2.窒素溶脱・流出	kt-N ₂ O	6.7	6.3	6.0	5.8	5.7	5.7	5.9	5.4	5.2	5.5	5.4	5.4	5.4	
	合計		kt-N ₂ O	27.5	25.5	24.5	23.3	23.2	23.1	24.2	21.7	20.9	22.2	21.9	21.9	21.7	
			kt-CO ₂ 換算	8,192	7,591	7,314	6,958	6,921	6,880	7,209	6,475	6,225	6,605	6,533	6,514	6,476	

5.5.1. 直接排出 (3.D.a.)

農用地の土壌からは、無機質肥料の施肥、有機質肥料の施肥、放牧家畜の排せつ物、作物残渣のすき込みにより土壌中にアンモニウムイオンが発生し、好気条件下でそのアンモニウムイオンが硝酸態窒素に酸化される過程でN₂Oが発生する。また、硝酸態窒素が脱窒する過程でN₂Oが発生する。

また、窒素を含む土壌を耕起することによりN₂Oが発生する。

5.5.1.1. 無機質窒素肥料 (3.D.a.1.)

a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは、農用地の土壌への無機質窒素肥料（合成肥料）の施肥に伴うN₂O排出の算定を行う。

b) 方法論

■ 算定方法

N₂O排出量については、2006年IPCCガイドラインのデシジョンツリー (Vol.4, p.11.9, Fig.11.2) に従い、我が国独自の排出係数が存在するため、Tier2法で算定を行った。

$$E = \sum_i (F_{SNi} \times EF_{li}) \times 44 / 28$$

E : 農用地の土壌への無機質肥料（合成肥料）の施肥に伴うN₂O排出量 [kg-N₂O]
 F_{SNi} : 作物種*i*の農用地土壌に投入された合成肥料施用量 [kg-N]
 EF_{li} : 作物種*i*の排出係数 [kg-N₂O-N/kg-N]

■ 排出係数

排出係数については、我が国における実測データに基づき、我が国独自の排出係数を設定した。

日本の各地で測定されたデータを解析し、合成肥料及び有機質肥料の投入窒素量とN₂O排出量の関係を調査したところ、合成肥料と有機質肥料で排出係数に有意差はなかったため、合成肥料と有機質肥料で同じ排出係数を使用することにした。

また、作物の種類による排出係数の違いを比較したところ、他の作物に比べ茶が有意に高く、水稲が有意に低いことが判明した。しかし、他の作物については有意な差はなかったため、水稲、茶、その他の作物の3種類について排出係数を設定した。なお、我が国には火山灰由来の土壌が広く分布しており、この土壌からのN₂O排出量が少ないことが、我が国の排出係数が2006年IPCCガイドラインに示される排出係数のデフォルト値に比べ低い理由であると考えられる。なお、水稲の排出係数は、2006年IPCCガイドラインにデフォルト値の1つとして採用されており、国際的に妥当性が認められている数値である。

表 5-40 農用地の土壌への合成肥料の施肥に伴うN₂O排出係数

作物種	排出係数 [kg-N ₂ O-N/kg-N]
水稲	0.31 %
茶	2.9 %
その他の作物	0.62 %

(出典) Akiyama et al., Direct N₂O emissions and estimate of N₂O emission factors from Japanese agricultural soils. (2006) (参考文献 33)

Akiyama et al., Estimations of emission factors for fertilizer-induced direct N₂O emissions from agricultural soils in Japan: Summary of available data (2006) (参考文献 34)

■ 活動量

合成肥料施用総量は「ポケット肥料要覧」の「窒素質肥料需要量」を用いた。この値から森林への施用量を除いたものを農用地の土壌の合成肥料施用量として用いた (表 5-41)。さらに、上記排出係数を考慮し、作物別の合成肥料施用量を算出するため、各作物種の作付面積に、我が国の各作物種の単位面積当たり合成肥料施用量の調査結果を乗じて作物別の窒素施肥量に相当する値を求め、作物別の施肥相当量に応じて合成肥料施用量を各作物別に配分した。

$$F_{SNi} = (F_T - F_{FRST}) \times \frac{(RA_i \times RF_i / 10)}{\sum (RA_n \times RF_n / 10)}$$

- F_{SNi} : 作物種 i の農用地に投入された合成肥料施用量[t-N]
- F_T : 合成肥料施用総量 [t-N]
- F_{FRST} : 森林への合成肥料施用量[t-N]
- RA_i : 作物種 i の作付面積[t-N]
- RF_i : 作物種 i の単位面積当たり合成肥料施用量 [kg-N/10a]
- RA_n : 各作物種別作付面積 [t-N]
- RF_n : 各作物種の単位面積当たり合成肥料施用量[kg-N/10a]

作物別の肥料施用量については、2000年に行われた営農調査（「平成12年度温室効果ガス排出削減定量化法調査報告書」（参考文献22））により各作物別の施肥量が合成肥料、有機質肥料別に把握されている。専門家判断によると、水稻、茶を除く作物においては経年的な施肥量の変化が余りないと考えられることから、これらの作物については2000年調査（参考文献22）による単位面積当たり合成施肥量のデータを全ての年に対して一律に適用した。

茶については、施肥量の規制等により経年的に施肥量が変化している。野中（2005）（参考文献39）がまとめた1993、1998、2002年における茶畑に対する窒素施肥量（合成肥料、有機質肥料の合計値）と2000年調査（参考文献22）における茶の合成肥料と有機質肥料の比を用いて、合成施肥量、有機質肥料別の施肥量を推計した。また、1993年から2002年までは内挿、1993年以前は1993年値を据え置き、2002年以降は2002年値を据え置きし、時系列データを作成した（表5-43参照）。

水稻については、「ポケット肥料要覧」により把握できる各年の施肥量データを用い、陸稲については、水稻の値で代用した。

表 5-41 合成肥料施用量 [t-N]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
合成肥料施用総量	611,955	527,517	487,406	474,811	471,190	453,774	479,034	360,056	350,135	409,590	387,201	396,783	396,783
合成肥料施用量（森林）	288	248	229	223	222	238	216	157	165	193	182	187	187
合成肥料施用量（農地）	611,667	527,269	487,177	474,588	470,968	453,536	478,818	359,899	349,970	409,397	387,019	396,596	396,596

（出典）合成肥料施用総量：農林統計協会「ポケット肥料要覧」（参考文献13）

合成肥料施用量（森林）：林野量調べ

表 5-42 作物種別単位面積当たり合成肥料施用量（水稻、茶以外）

作物種	施用量 [kg-N/10a]
野菜	21.27
果樹	14.70
ばれいしょ	12.70
豆類	3.10
飼肥料作物	10.00
かんしょ	6.20
麦	10.00
雑穀（そばを含む）	4.12
桑	16.20
工芸作物	22.90
たばこ	15.40

（出典）農業技術協会「平成12年度温室効果ガス排出量削減定量化法調査報告書」（参考文献22）

表 5-43 単位面積当たり合成肥料施用量（水稻、茶） [kg-N/10a]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
合成肥料施用量（水稻）	9.65	8.71	7.34	6.82	6.62	6.46	6.27	6.47	5.80	5.95	5.93	6.04	6.04
合成肥料施用量（茶）	57.23	54.88	48.06	44.76	44.76	44.76	44.76	44.76	44.76	44.76	44.76	44.76	44.76

（出典）茶：合成肥料と有機質肥料の合計量は野中（2005）「茶園における窒素環境負荷とその低減のための施肥技術」（参考文献 45）、水稻：農林統計協会「ポケット肥料要覧」（参考文献 13）

表 5-44 作物種別作付面積 [kha]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
野菜	620.1	564.4	524.9	481.7	476.3	471.2	468.0	469.5	468.7	465.4	460.4	457.9	453.4
水稻（子実用）	2,055.0	2,106.0	1,763.0	1,697.0	1,702.0	1,684.0	1,669.0	1,624.0	1,621.0	1,625.0	1,574.0	1,579.0	1,597.0
果樹	346.3	314.9	286.2	267.9	265.4	261.8	258.4	254.7	250.7	246.9	243.5	240.3	237.0
茶	58.5	53.7	50.4	49.1	48.7	48.5	48.2	48.0	47.3	46.8	46.2	45.9	45.4
ばれいしょ	115.8	104.4	94.6	87.2	86.9	86.6	87.4	84.9	83.1	82.5	81.0	81.2	79.7
豆類	256.6	155.5	191.8	201.9	193.9	194.5	191.3	199.7	197.5	189.0	186.2	180.2	178.5
飼肥料作物	1,096.0	1,013.0	1,026.0	1,047.0	1,030.0	1,018.0	1,012.0	1,012.0	1,008.0	1,012.0	1,030.0	1,029.0	1,012.0
かんしょ	60.6	49.4	43.4	40.3	40.8	40.8	40.7	40.7	40.5	39.7	38.9	38.8	38.6
麦	366.4	210.2	236.6	272.4	268.3	272.1	264.0	265.4	266.2	265.7	271.7	269.5	269.5
雑穀（そばを含む）	29.6	23.4	38.4	44.6	45.9	46.1	47.4	49.1	47.5	49.7	58.1	62.6	62.9
桑	59.5	26.3	5.9	3.4	3.0	2.7	2.4	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
工芸作物	142.9	124.5	116.3	112.3	110.3	109.3	108.1	107.5	106.4	104.8	101.9	100.2	98.5
たばこ	30.0	26.4	24.0	21.5	19.1	18.5	17.7	16.8	15.8	15.0	13.0	9.0	8.9
陸稲	18.9	11.6	7.1	4.7	4.5	4.1	3.6	3.2	3.0	2.9	2.4	2.1	1.7

（出典）ばれいしょ：農林水産省「野菜生産出荷統計」、たばこ：日本たばこ産業株式会社資料による、桑：農林水産省生産局調べ、それ以外の作物：農林水産省「耕地及び作付面積統計」（ただし、「野菜」についてはばれいしょを、「工芸作物」については茶及びたばこの面積を差し引いた値である。）

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

排出係数の不確実性は、排出係数の出典である Akiyama et al. (2006) に示されている不確実性（31%）を用いた。活動量の不確実性は、「耕地及び作付面積統計」に示された水田面積の標準誤差（1%）で代替した。その結果、排出量の不確実性は 31% と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出量は時系列的に一貫した算定方法、データソースを用いて算定されている。

d) QA/QC と検証

2006 年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、1 章に詳述している。

なお、我が国の排出係数と IPCC ガイドラインのデフォルト値が大きく異なる理由については上記「排出係数」に記載している。

e) 再計算

該当せず。

f) 今後の改善計画及び課題

現在、無機質窒素（合成肥料）・有機質肥料について同一の排出係数を使用していることから、別々に設定できるよう検討が必要である。

5.5.1.2. 有機質窒素肥料 (3.D.a.2.)

a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは、農用地土壌への有機質肥料（畜産廃棄物由来およびその他有機質肥料）の施用に伴うN₂O排出の算定を行う。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年IPCCガイドラインのデシジョンツリー（Vol.4, p.11.9, Fig.11.2）に従い、Tier2法でN₂O排出量の算定を行った。

$$E = \sum_i (N_{ONi} \times EF_{li}) \times 44 / 28$$

E : 農用地の土壌への有機質肥料の施用に伴うN₂O排出量 [kg-N₂O]
 N_{ONi} : 作物種*i*の農用地に投入された有機質肥料に含まれる窒素量[kg-N]
 EF_{li} : 作物種*i*の排出係数[kg-N₂O-N/kg-N]

■ 排出係数

合成肥料と同様の我が国独自の排出係数を用いた。（表 5-40）

■ 活動量

活動量（有機質肥料に含まれる総窒素量）については、2006年IPCCガイドラインに示された式（Vol.4, p11.12, Equation 11.3）をもとに、下記の窒素量を対象とした。

$$N_{ON} = N_{AM} + N_{SEW} + N_{FU} + N_{COMPsub} + N_{OOA}$$

N_{ON} : 農用地土壌に施用される有機質肥料に含まれる窒素量
 N_{AM} : 農用地土壌に施用される家畜排せつ物に含まれる窒素量
 N_{SEW} : 農用地土壌に施用される下水汚泥に含まれる窒素量
 N_{FU} : 農用地土壌に施用されるし尿に含まれる窒素量
 N_{COMPsub} : 農用地土壌に施用される堆肥副資材（稲わら、もみがら、麦わら）に含まれる窒素量
 N_{OOA} : 農用地土壌に施用されるその他有機質肥料（魚かす、大豆粕、なたね油粕など）に含まれる窒素量

○ 農用地土壌に施用される家畜排せつ物に含まれる窒素量 (N_{AM})

農用地土壌に施用された家畜排せつ物に含まれる窒素量 (N_{AM}) は下記の式で示したように、家畜排せつ物中の総窒素量 (N_{Total-AW}) から、放牧家畜の排せつ物に含まれる窒素量 (N_{PRP})、大気中にN₂Oとして揮発する窒素量 (放牧家畜を除く) (N_{N2O})、大気中にNH₃+NO_xとして揮発する窒素量 (放牧家畜を除く) (N_{NH3+NOx})、「焼却」・「浄化」処理に含まれる窒素量 (N_{inc+pur})、廃棄物として直接埋立処分される家畜排せつ物に含まれる窒素量 (N_{disposal}) を除いた量を使用した。

$$N_{AM} = N_{Total-AW} - N_{PRP} - N_{N2O} - N_{NH3+NOx} - N_{inc+pur} - N_{disposal}$$

N_{AM} : 農用地に施用された家畜排せつ物中の窒素量 [kg-N]
 N_{Total-AW} : 家畜から排せつされた窒素総量 [kg-N]
 N_{PRP} : 放牧家畜の排せつ物中に含まれる窒素量[kg-N]
 N_{N2O} : 家畜排せつ物からN₂Oとして大気中に揮発した窒素量 (放牧家畜を除く) [kg-N]
 N_{NH3+NOx} : 家畜排せつ物からNH₃やNO_xとして揮発した窒素量 (放牧家畜を除く) [kg-NH₃-N+NO_x-N]

$N_{inc+pur}$: 「焼却」及び「浄化」処理された窒素量 [kg-N]
 $N_{disposal}$: 廃棄物として「直接最終処分」される家畜排せつ物に含まれる窒素量 [kg-N]

放牧家畜の排せつ物に含まれる窒素量 (N_{PRP})、大気中に N_2O として揮発する窒素量 (放牧家畜を除く) (N_{N2O})、「焼却」・「浄化」処理に含まれる窒素量 ($N_{inc+pur}$) は「3.B.家畜排せつ物の管理」で計算された結果を用いた。

廃棄物として直接埋立処分される家畜排せつ物に含まれる窒素量 ($N_{disposal}$) は、何らかの処理がされた後に埋め立てられる分 (以後、「処理後最終処分」と、特に何の処理も施されずにそのまま直接的に埋め立てられる分 (以後、「直接最終処分」) を含んでいる。しかし、「処理後最終処分」される家畜排せつ物量については極少量であり、また、どの処理区分で処理されているか不明であるため、「直接最終処分」に加えることとした。

直接最終処分された家畜排せつ物中の窒素量 ($N_{disposal}$) は、次式のように算出した。「直接最終処分量と処理後最終処分量の合計値」は「廃棄物の広域移動対策検討調査及び廃棄物等循環的利用実態調査報告書」で示された値を用いた。「家畜排せつ物中の平均窒素含有率」は各家畜のふん尿中窒素量の合計値と各家畜のふん尿量を合計値から算定した。

なお、農用地土壌に施用されずに直接最終処分された家畜排せつ物は廃棄物分野の「7.2.1.管理処分場からの排出 (5.A.1.)」の算定に含まれている。

$\frac{\text{直接最終処分された家畜排せつ物中の窒素量 } (N_{disposal})}{\text{直接最終処分量と処理後最終処分量の合計値}} \times \text{家畜排せつ物中の平均窒素含有率}$

表 5-45 農用地土壌に施用された家畜排せつ物に含まれる窒素量 (N_{AM}) [t-N]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
ふん尿中の窒素総量 ($N_{Total-AW}$)	808,157	766,166	724,712	699,965	699,380	707,956	706,543	705,561	705,648	700,231	703,217	697,115	692,704
放牧家畜のふん尿中の窒素総量 (N_{PRP})	14,145	13,829	12,697	12,205	11,868	11,735	11,740	11,668	11,802	11,660	11,636	11,508	11,371
大気中に N_2O として排出される窒素量 (浄化・焼却以外) (N_{N2O})	4,818	4,715	4,603	5,004	5,134	5,311	5,478	5,613	5,728	5,608	5,592	5,490	5,397
大気中に NH_3 、 NO_x として排出される窒素量 (放牧分を除く) ($N_{NH3+NOx}$)	272,463	258,375	242,564	226,500	224,986	227,520	224,625	221,675	220,293	219,887	221,246	219,880	219,932
浄化・焼却によって消失する窒素量 ($N_{inc+pur}$)	69,165	60,416	61,891	75,869	79,768	84,878	88,353	94,079	99,447	100,711	102,536	103,639	103,867
埋立され消失する窒素量 ($N_{disposal}$)	330	316	292	282	282	285	284	295	377	284	293	345	349
農用地に施用される家畜ふん尿に含まれる窒素量 (N_{AM})	447,236	428,516	402,665	380,104	377,342	378,227	376,063	372,231	368,002	362,080	361,913	356,254	351,787

○ 農用地土壌に施用された下水汚泥、その他有機質肥料、人間のし尿に含まれる窒素量 (N_{SEW} 、 N_{OOA} 、 N_{FU})

農用地土壌に施用される下水汚泥およびその他有機質肥料 (魚かす、大豆粕、なたね油粕など) に含まれる窒素量 (N_{SEW} および N_{OOA}) は、「ポケット肥料要覧」に記載された有機質肥料の流通量に「ポケット肥料要覧」および日本下水道協会のデータから設定した窒素含有率を掛けることによって算出した。

し尿に含まれる窒素量 (N_{FU}) は、「日本の廃棄物処理」等から算出した人間のし尿由来の窒素量を用いた。

表 5-46 有機質肥料（下水汚泥、その他有機質肥料）の流通量 [kt]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
動物質肥料	384.1	389.4	341.0	199.8	262.7	223.5	287.4	291.9	227.9	268.3	267.4	302.6	302.6
魚かす	111.5	88.6	89.0	94.0	73.9	78.4	152.6	81.6	70.0	62.2	52.1	55.4	55.4
蒸製骨粉	113.1	134.2	112.8	9.6	11.4	10.6	14.5	20.6	20.9	16.7	20.8	19.4	19.4
その他の動物質肥料	159.5	166.6	139.2	96.3	177.5	134.5	120.3	189.7	136.9	189.4	194.5	227.7	227.7
植物質肥料	635.9	725.7	982.4	587.5	494.8	827.8	1,639.8	972.1	554.8	1,059.5	1,310.0	1,079.7	1,079.7
大豆油粕	3.5	4.7	28.9	8.0	1.1	37.2	39.7	41.0	36.1	209.5	138.5	134.4	134.4
なたね油粕	451.0	437.2	620.7	367.2	241.0	350.0	434.4	299.9	228.0	221.4	396.3	347.9	347.9
その他の植物質肥料	181.4	283.8	332.8	212.3	252.7	440.7	1,165.8	631.2	290.7	628.7	775.2	597.4	597.4
汚泥	787.3	935.2	817.7	1,114.6	1,287.4	1,328.4	1,370.5	1,377.1	1,296.6	1,395.6	1,361.5	1,329.3	1,329.3

(出典) 農林統計協会「ポケット肥料要覧」(参考文献 13)

表 5-47 各有機質肥料の窒素含有率

有機質肥料	窒素含有割合
魚かす	8.0%
蒸製骨粉	4.1%
その他の動物質肥料	7.5%
大豆油粕	7.5%
なたね油粕	5.1%
その他の植物質肥料	4.6%
汚泥	2.7%

(出典) 汚泥以外：農林統計協会「ポケット肥料要覧」(参考文献 13)、

汚泥：日本下水道協会データより設定

○ 農用地土壌に施用される堆肥副資材（稲わら、もみがら、麦わら）に含まれる窒素量 ($N_{COMPsub}$)

堆肥副資材量については、稲わら、もみ殻、麦わらの用途別データ（都道府県において把握しているデータより算出）の「堆肥」、「畜舎敷料」の値を使用した。稲わら、もみ殻、麦わらの窒素含有率に関しては、後述の 5.5.1.4. 作物残渣で記述している値（表 5-53）を用いた。

表 5-48 農用地土壌に施用される有機質肥料に含まれる窒素量 [t-N]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
家畜ふん尿由来 (N_{AM})	447,236	428,516	402,665	380,104	377,342	378,227	376,063	372,231	368,002	362,080	361,913	356,254	351,787
下水汚泥由来 (N_{SEW})	21,257	25,250	22,078	30,093	34,760	35,867	37,003	37,183	35,007	37,682	36,759	35,892	35,892
し尿由来 (N_{FU})	10,394	4,747	2,116	1,114	874	729	609	1,702	457	427	369	351	286
堆肥副資材由来 ($N_{COMPsub}$)	18,316	15,514	11,485	11,195	11,217	11,040	10,674	9,927	9,270	8,864	8,443	8,803	8,762
その他有機質肥料由来 (N_{OOA})	57,128	60,790	71,314	44,224	43,685	57,704	100,582	69,006	44,438	75,785	85,859	77,617	77,617
合計（農用地土壌に施用される有機質肥料に含まれる窒素量）(N_{ON})	554,331	534,816	509,658	466,730	467,878	483,568	524,932	490,049	457,174	484,839	493,343	478,917	474,344

○ 作物種 i の農用地に投入された有機質肥料に含まれる窒素量の推計

上記した有機質肥料に含まれる総窒素量 (N_{ON}) を 3 種類の作物種ごとに細分化するため、各作物種の施肥量割合について、作物種ごとの栽培面積に、作物種ごとの単位面積当たり窒素施肥量を乗じることにより設定した。茶の単位面積当たり窒素施肥量に関して、合成肥料同様、施肥量の規制等により経年的に施肥量が変化している。野中（2005）（参考資料 39）がまとめた 1993、1998、2002 年における茶畑に対する窒素施肥量（合成肥料、有機質肥料の合計値）と 2000 年調査（参考文献 28）における茶の合成肥料と有機質肥料の比を用いて、合成施肥量、有機質肥料別の施肥量を推計した。また、1993 年から 2002 年までは内挿、1993 年以前は 1993 年値を据え置き、2002 年以降は 2002 年値を据え置きし、時系列データを作成した（表 5-43 参照）。なお、作物種別の作付面積は合成肥料の算定に用いたものと同様であ

る。

$$N_{ONi} = N_{ON} \times \frac{(RA_i \times RF_i / 10)}{\sum (RA_n \times RF_n / 10)}$$

N_{ONi} : 作物種 i の農用地に投入された有機質肥料に含まれる窒素量 [t-N]

N_{ON} : 農用地土壤に施用された有機質肥料に含まれる総窒素量[t-N]

RA_i : 作物種 i の作付面積[t-N]

RF_i : 作物種 i の単位面積当たり有機肥料施用量 [kg-N/10a]

RA_n : 各作物種別作付面積 [t-N]

RF_n : 各作物種の単位面積当たり有機肥料施用量 [kg-N/10a]

表 5-49 作物種別単位面積当たり有機質肥料として施用された窒素量（茶以外）

作物種	施用量[kg-N/10a]
野菜	23.62
水稻	3.2
果樹	10.90
ばれいしょ	7.94
豆類	6.24
飼肥料作物	10.00
かんしょ	8.85
麦	5.70
雑穀（そばを含む）	1.81
桑	0.00
工芸作物	3.96
たばこ	11.41

※陸稲に関しては、水稻の値で代用した。

(出典) 農業技術協会「平成12年度温室効果ガス排出量削減定量化法調査報告書」(参考文献22)

表 5-50 単位面積当たり有機質肥料施用量（茶）[kg-N/10a]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
有機質肥料施用量（茶）	20.77	19.92	17.44	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24

出典：合成肥料と有機質肥料の合計量は野中（2005）「茶園における窒素環境負荷とその低減のための施肥技術」（参考文献39）

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

排出係数の不確実性は、Akiyama et al. (2006)に示されている不確実性（31%）を用いた。活動量の不確実性に関して、家畜ふん尿由来は、「畜産統計」に示されたブロイラーの頭数の標準誤差（9%）を採用し、それ以外は、「耕地及び作付面積統計」に示された水田面積の標準誤差（1%）で代替した。その結果、排出量の不確実性は32%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出量は時系列的に一貫した算定方法、データソースを用いて算定されている。

d) QA/QC と検証

2006年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、1章に詳述している。

e) 再計算

2006年IPCCガイドラインの適用とともに土壤に施用される有機質肥料の種類(汚泥など)を追加した。

f) 今後の改善計画及び課題

現在、無機質窒素(合成肥料)・有機質肥料について同一の排出係数を使用していることから、別々に設定できるよう検討が必要である。

5.5.1.3. 牧草地・放牧場・小放牧地の排せつ物(3.D.a.3.)

牧草地・放牧場・小放牧地の排せつ物からのCH₄、N₂O排出量の算定方法は「5.3.1.節 家畜排せつ物の管理」の「牛、豚、家禽類(採卵鶏、ブロイラー)(3.B.1., 3.B.3., 3.B.4.)」および「水牛、めん羊、山羊、馬、うさぎ、ミンク(3.B.2., 3.B.4.-)」でまとめて記述している。なお、N₂O排出量は3.D.a.3.で計上している。

5.5.1.4. 作物残渣(3.D.a.4.)

a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは、作物残渣の農用地の土壤へのすき込みに伴うN₂O排出の算定を行う。

b) 方法論

■ 算定方法

N₂O排出量は2006年IPCCガイドラインをもとにして算出している。排出係数には2006年ガイドラインのデフォルト値を用いた。ただし、活動量の算定において、2006年IPCCガイドラインの方法よりも正確に排出量を算定できると考えられるいくつかの作物(稲、茶、野菜類、さとうきび、てんさい)についてはわが国独自の方法を用いた。

$$E = EF \times A \times 44/28$$

E	: N ₂ O排出量 [kg-N ₂ O]
EF	: 残渣のすき込みのN ₂ O排出係数 [kg-N ₂ O-N/kg-N]
A	: 土壤にすき込まれる残渣由来の窒素量[kg-N]

■ 排出係数

0.0125[kg-N₂O-N/kg-N] (2006年IPCCガイドラインデフォルト値)

■ 活動量

【飼肥料作物、麦類、とうもろこし、豆類、いも類、その他の作物(そば、たばこ等)】

活動量は、2006年IPCCガイドラインに従い、下記の式で示した方法で算出した。なお、パラメータに関しては下記表 5-52～表 5-53 に示した値を用いた。麦類の野焼きされる割合および残渣の持ち出し割合については、農林水産省が調査した麦稈の処理方法別作付面積から表 5-54 に示すように設定した。なお、2006年度以前は調査データがないため、2007年度値を適用している。更新割合(Frac_{Renew})は、飼肥料作物(飼料用)のみ、各種調査結果を踏まえた専門家判断により3%と設定しているが、それ以外の作物は100%更新されるとして計算している。

$$A = \sum_T \left\{ \left[AG_{DM(T)} \times N_{AG(T)} \times (1 - Frac_{Remove(T)}) + (AG_{DM(T)} \times 1000 + Crop(T)) \times R_{BG-BIO(T)} \times N_{BG(T)} \right] \times \frac{(Area(T) - Area_{burnt(T)} \times CF) \times Frac_{Renew(T)}}{1000} \right\}$$

$$Areaburnt_{(T)} = Area_{(T)} \times Frac_{burnt(T)}$$

- A : 土壤にすき込まれる残渣由来の窒素量 [tN]
 $Area_{(T)}$: 作物Tの作付面積 [ha]
 $Areaburnt_{(T)}$: 作物Tの焼却面積 [ha]
 CF : 燃焼係数
 $Frac_{Renew(T)}$: 作物Tの更新割合 [%]
 $AG_{DM(T)}$: 作物Tの地上部残渣の乾物重量 [Mg/ha]
 $N_{AG(T)}$: 作物Tの地上部残渣の窒素含有率 [%]
 $Frac_{Remove(T)}$: 作物Tの持ち出し割合 [%]
 $Crop_{(T)}$: 作物Tの生産物の乾物重量 [kg/ha]
 $R_{BG-BIO(T)}$: 作物Tの地上部バイオマスに対する地下部残渣の割合
 $N_{BG(T)}$: 作物Tの地下部残渣の窒素含有率 [%]
 $Frac_{burnt(T)}$: 作物Tの焼却割合 [%]

【稲】

地上部の稲の作物残渣すき込み量は、都道府県において把握しているデータより算出した稲わら・もみがらの残渣すき込み量のデータを使用した。作物残渣中の窒素量は、このデータに伊達（1988）から設定した「作物残渣当たりの窒素量」を乗じ推計した。また、地下部の計算には生産量、生産量に対する地下部残渣割合、地下部の窒素含有率から推計した。

$$A_{Rice} = Residue \times N_{AG} + P \times Frac_{BGR-P} \times N_{BG}$$

- A_{Rice} : 土壤にすき込まれる残渣由来の窒素量 [tN]（稲わら・もみ殻）
 $Residue$: 稲の作物残渣すき込み量（稲わら・もみ殻） [t]
 N_{AG} : 稲の地上部残渣の窒素含有率 [kg-N/kg]
 P : 米の生産量 [t]
 $Frac_{BGR-P}$: 生産量に対する地下部残渣割合 [%]
 N_{BG} : 稲の地下部残渣の窒素含有率 [kg-N/kg]

【茶】

茶に関しては、毎年土中に還る残渣として「落葉」分と「秋整枝」分を対象とし、加えて数年に一度土中に還る残渣として、5年に1度程度実施される「中切り」(地面から約30～50cm上の部分を剪枝)分を対象とした。「中切り」に関しては、茶の総面積のうち1/5で毎年実施され、5年ですべての茶園の更新が行われると仮定した。「落葉」、「秋整枝」、「中切り」の単位栽培面積当たり残渣中窒素量に栽培面積を乗じ、残渣中の窒素量を推計した。栽培面積は農林水産省「耕地及び作付面積統計」のデータを用いた。

$$A_{Tea} = (A_{AP} + A_{LF} + A_{MP}/5) \times 10 \times Area$$

- A_{Tea} : 土壤にすき込まれた窒素量 [kg-N]（茶）
 A_{AP} : 秋整枝による残渣量 [kg-N/10a]
 A_{LF} : 落葉による残渣量 [kg-N/10a]
 A_{MP} : 中切りによる残渣量 [kg-N/10a]
 $Area$: 茶作付面積 [ha]

表 5-51 剪枝された残渣部の窒素含有量

剪枝の種類		窒素含有量 [kg-N/10a]	出典
秋整枝	毎年	7.7	保科ら (1982) (参考文献 44)、木下ら (2005) (参考文献 46)、橘ら (1996) (参考文献 47)
中切り	5年に一度	19.4	太田ら (1996) (参考文献 48)
落葉	毎年	11.5	保科ら (1982) (参考文献 45)

【野菜類、さとうきび、てんさい】

各作物の農地にすき込まれた作物残渣に含まれる窒素量は、松本 (2000) から設定した「作物生産量当たりの残渣中に含まれる窒素量」に、年間作物収穫量 (農林水産省「作物統計」または「野菜出荷統計」) を乗じ、それに持ち出し割合、野焼きされる割合 (燃焼係数を考慮後) を除いた割合を乗じて推計した。

なお、「作物生産量当たりの残渣中に含まれる窒素量」について、さとうきびには鹿児島県農業総合開発センター提供値を、てんさい、だいこん、たまねぎには北海道農政局 (2010) のデータを、はくさい、レタスには尾和 (1996) のデータを用いた。

「作物生産量に対する残渣中に含まれる窒素含有率」のデータがない作物については、種類に近い作物の数値を用いた。また全ての年度について同一の数値を使用した。

$$A_{Vegetable} = P \times (1 - \text{Frac}_{Remove} - \text{Frac}_{burnt} \times CF) \times N_R$$

- $A_{Vegetable}$: 土壌にすき込まれる残渣由来の窒素量 [tN] (野菜類、さとうきび、てんさい)
- P : 生産量 [t]
- Frac_{Remove} : 作物Tの持ち出し割合 [%]
- Frac_{burnt} : 作物Tの焼却割合 (面積) [%]
- CF : 燃焼係数
- N_R : 残渣の窒素含有率 (作物生産量当たりの残渣中に含まれる窒素量) [kg-N/kg]

表 5-52 地上部残渣の持ち出し割合 ($\text{Frac}_{Remove(T)}$)、残渣の焼却割合 ($\text{Frac}_{burnt(T)}$)、燃焼係数 (CF)、地上部残渣の窒素含有率 (N_{AG})、地下部残渣の窒素含有率 (N_{BG})

作物	地上部残渣の持ち出し割合 ($\text{Frac}_{Remove(T)}$)	残渣の焼却割合 ($\text{Frac}_{burnt(T)}$)	燃焼係数 (CF)	地上部残渣の窒素含有率 (N_{AG})	地下部残渣の窒素含有率 (N_{BG})
野菜類	47%	7% *1	0.80*4	下記表 5-53	
さとうきび	47% *1	7% *1	0.80*4	下記表 5-53	
てんさい	47% *1	7% *1	0.80*4	下記表 5-53	
飼肥料作物 (緑肥用)	0% *2	0% *2	-	牧草 : 1.5%	牧草 : 1.2%
飼肥料作物 (飼料用)	100% *3	0% *2	-	ソルガム : 0.7%	ソルガム : 0.6%
麦類 (小麦、大麦、ライ麦、オート麦)	下記表 5-54	下記表 5-54	0.90 *5	下記表 5-53	小麦 : 0.9% 大麦 : 1.4% ライ麦 : 1.1% オート麦 : 0.8%
豆類	13%	12%	0.80*4	下記表 5-53	大豆 : 0.8% 大豆以外 : 1.0% *6
とうもろこし、いも類、その他作物 (そば、たばこ等)	47% *1	7% *1	0.80 *5	下記表 5-53	とうもろこし : 0.7% いも類 : 1.4% *7 その他作物 : 0.9% *8

(出典) 麦類以外の $\text{Frac}_{Remove(T)}$ 、 $\text{Frac}_{burnt(T)}$: 温暖化対策土壌機能調査協議会 「土壌由来温室効果ガス・土壌炭素調査事業」 (参考文献 44)

CF、表 5-52 以外の N_{AG} 、表 5-52 以外の N_{BG} : 2006 年IPCCガイドライン

*1: 野菜の値で代替、*2: すべて土壌にすき込まれると設定、*3: 地上部すべてが飼料用として持ち出されると設定、*4: とうもろこし・さとうきびの値、*5: 小麦の値、*6: Dry bean で代用、*7: ばれい

しよの値、*8: 穀物類で代用

表 5-53 主な作物の残渣/収穫物比、残渣中の窒素含有率及び収作物生産量当たりの残渣に含まれる窒素量

作物	残渣/収穫物比 [t(残渣)/t(収穫物)] (A)	残渣中の窒素含有率 [kg-N/t(残渣)] (B)	作物生産量当たりの残渣中 に含まれる窒素量 [kg-N/t(収穫物)] (A)×(B)	備考
稲わら(稲) _{AG}	-	5.41 ^e	-	現物重
もみがら(稲) _{AG}	-	4.23 ^e	-	
稲 _{BG}	0.27 ^f	9.0 ^f	-	
大麦 _{AG}	1.39 ^a	3.68 ^a	0.511	
小麦 _{AG}	1.39 ^a	3.68 ^a	0.511	
大豆 _{AG}	1.40 ^a	10.9 ^a	15.19	
ばれいしよ _{AG}	0.0321 ^d	2.22 ^b	0.71	
かんしよ _{AG}	0.808 ^c	2.29 ^c	1.85	
てんさい _{AG-BG}	0.0617 ^d	15.4 ^b	0.95	
さとうきび _{AG-BG}	0.102 ^c	5.48 ^c	0.56	
とうもろこし _{AG}	1.20 ^a	3.52 ^a	4.22	
だいこん _{AG-BG}	0.033 ^d	2.84 ^b	0.93	
はくさい _{AG-BG}	0.018 ^d	4.03 ^d	0.71	
キャベツ _{AG-BG}	0.672 ^a	2.72 ^a	1.83	
レタス _{AG-BG}	0.040 ^d	4.08 ^d	1.64	
たまねぎ _{AG-BG}	0.015 ^d	1.24 ^b	0.019	

(作物種に関して) AG: 地上部、BG: 地下部、AG-BG: 地上部・地下部を両方含む
(出典)

- a: 松本成夫「地域における窒素フローの推定方法の確立とこれによる環境負荷の評価」(2000) (参考文献 49)
 b: 北海道農政部「北海道施肥ガイド 2010」(2010) (参考文献 50)
 c: 鹿児島県農業総合開発センター資料
 d: 尾和尚人「我が国の農作物の栄養収支」(1996) (参考文献 27)
 e: 伊達昇「便覧 有機質肥料と微生物資材」(1988) (参考文献 53)
 f: 小川和夫「北海道の耕草地におけるバイオマス生産量及び作物による無機成分吸収量」(1988) (参考文献 59)

表 5-54 麦類の残渣持ち出し割合、焼却割合 [%]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
残渣の持ち出し割合	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1	34.0	35.9	37.8	39.8	40.2	41.0
焼却割合	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	12.5	11.6	10.6	9.5	9.2	8.8

※都道府県において把握しているデータより算出

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

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 (-70%~+200%) を採用した。活動量の不確実性は、「耕地及び作付面積統計」で示された水田面積の標準誤差 1% で代替した。その結果、排出量の不確実性は、-70%~+200%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出量は時系列的に一貫した算定方法、データソースを用いて算定されている。

d) QA/QC と検証

2006年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラ

メータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、1章に詳述している。

2012年度の算定方法検討会農業分科会において、稲の窒素含有率の精査が実施された。その結果、稲わらともみがらの窒素含有率を分け、日本各地の数値の中で中間的な数値であり、日本全体の値として使用するのが最も適切であると考えられる伊達（1988）の値を用いることとした。

e) 再計算

2006年IPCCガイドラインの適用とともに、パラメータの変更および土壌にすき込まれる作物残渣の種類を追加した。

f) 今後の改善計画及び課題

排出係数について我が国独自の排出係数が使用できるよう、検討が必要である。

5.5.1.5. 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 (3.D.a.5.)

a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは、鈹質土壌における土壌有機物中の有機物が酸化され炭素の失われる際に、無機化された窒素により排出されるN₂Oの算定を行う。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年IPCCガイドラインの算定方法を使用する場合、鈹質土壌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、鈹質土壌の耕地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。

$$E = EF \times A \times 44/28$$

- E : 鈹質土壌における無機化された窒素由来のN₂O排出量 [kg-N₂O]
 EF : 鈹質土壌 1haあたりの無機化された窒素由来のN₂O排出量[kg-N₂O-N/ha]
 A : 鈹質土壌の耕地面積 [ha]

■ 排出係数

無機質窒素肥料で使用した同じ論文のAkiyama et al. (2006) (参考文献 33)で示されているバックグラウンドのN₂O排出係数である 0.65 kgN₂O-N/haをベースとした。また、国内の研究事例をもとに 10kgN/haのNH₃+NO_xが農地に沈着すると判断し、その沈着量から発生するN₂O排出割合 0.10kgN₂O-N/ha（排出係数は大気沈降の 1%）をダブルカウント分として控除し、補正後の排出係数 0.55 kgN₂O-N/haを用いた。

■ 活動量

鈹質土壌の面積は、我が国の水田及び普通畑における有機質土壌（泥炭土及び黒泥土）以外の割合を「耕地及び作付面積統計」から把握した水田及び普通畑の作付面積に乘じるにより設定する。有機質土壌および鈹質土壌の割合は高田ら（2009）が作成したデータを用いた。なお、鈹質土壌のうち転用された水田・畑地については、土地利用、土地利用変化及び林業分野で計上する。

表 5-55 有機質土壌と鉱質土壌の割合

種別		～1991	1992	1997	2001	2002～
水田	有機質土壌	5.85%	5.85%	6.02%	6.15%	6.15%
	鉱質土壌	94.15%	94.15%	93.98%	93.85%	93.85%
畑地	有機質土壌	1.94%	1.94%	2.01%	2.07%	2.07%
	鉱質土壌	98.06%	98.06%	97.99%	97.93%	97.93%

※1992年値、2001年値はオリジナルデータ。1993年～2000年は1992年値と2001年値の内挿。1991年以前は1992年を代用し、2002年以降は2001年値を代用。

(出典) 高田ら「1992年の農耕地分布に基づくデジタル農耕地土壌図の作成」(2009)(参考文献42)より作成

表 5-56 有機質土壌と鉱質土壌の面積 [kha]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
水田-有機質土壌面積	163	162	161	157	156	156	155	154	154	154	151	151	151
水田-鉱質土壌面積	2,683	2,583	2,480	2,418	2,399	2,387	2,375	2,361	2,352	2,342	2,323	2,318	2,314
畑地-有機質土壌面積	25	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
畑地-鉱質土壌面積	1,250	1,201	1,164	1,145	1,149	1,149	1,148	1,147	1,145	1,145	1,141	1,140	1,137

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

排出係数の不確実性は、Akiyama et al. (2006)に示されている不確実性(31%)を用いた。活動量の不確実性は、「耕地及び作付面積統計」で示された水田面積の標準誤差1%を用いた。その結果、排出量の不確実性は、31%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出量は時系列的に一貫した算定方法、データソースを用いて算定されている。

d) QA/QC と検証

2006年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、1章に詳述している。

e) 再計算

該当せず。

f) 今後の改善計画及び課題

Akiyama et al. (2006) の排出係数における N_2O 排出量のダブルカウント分の控除方法については、引き続き精緻化を図っていく。

5.5.1.6. 有機質土壌の耕起 (3.D.a.6.)

a) 排出源カテゴリーの説明

我が国では、北海道に有機質土壌が存在しており、「黒泥土」と「泥炭土」の2種類を有機質土壌として取り扱っている。我が国では有機質土壌における農地造成は1970年代までにほぼ終了しており、一般的に客土が行われた土地が耕作に利用されている。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年IPCCガイドラインに従い、耕起された有機質土壌の水田面積、普通畑面積及び草地面積にそれぞれの排出係数を乗じて有機質土壌の耕起によるN₂O排出量を算定する。

$$E = EF \times A \times 44/28$$

- E : 有機質土壌の耕起に伴うN₂O排出量 [kg-N₂O]
 EF : 有機質土壌の耕起の際のN₂O排出係数[kg-N₂O-N/ha]
 A : 耕起された有機質土壌の面積 [ha]

■ 排出係数

有機質土壌の水田耕作においては、畑作に比べN₂O排出量が低くなることが知られている。我が国では北海道の有機質土壌耕作地で行われたN₂O排出の観測事例（永田、2006（参考資料43））が存在するが、窒素施用分の排出も含めた観測結果であることから、Akiyama et al.（2006）による我が国独自の施肥の排出係数を用いて施肥分の排出を控除した我が国独自の排出係数 0.30 [kg-N₂O-N/ha/年]を設定した。

有機質土壌における畑作に関しても若干の観測事例（永田、2006、Nagata 2009（参考資料46））が存在するが、2006年IPCCガイドラインに示された温帯におけるデフォルト値 8[kg-N₂O-N/ha/年]と大きな違いはないことから、デフォルト値を利用する。草地についても、同じデフォルト値(8[kg-N₂O-N/ha/年])を使用する。

■ 活動量

耕起された有機質土壌の面積は、上記表 5-56 で示したものを使用した。なお、草地の毎年の更新割合は、各種調査結果を踏まえた専門家判断により 3%と設定し、毎年の耕起面積はその値と草地の有機質土壌面積から算出した。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

排出係数の不確実性は、2006年IPCCガイドラインで示されている不確実性(-75%~+200%)を用いた。活動量の不確実性は、「耕地及び作付面積統計」に示された水田面積の標準誤差(1%)を採用した。その結果、排出量の不確実性は-75%~+200%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出量は時系列的に一貫した算定方法、データソースを用いて算定されている。

d) QA/QC と検証

2006年IPCCガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリQC手続きを実施している。一般的なインベントリQCには、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC活動については、1章に詳述している。

e) 再計算

該当せず。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

5.5.2. 間接排出 (3.D.b.)

農用地土壌へ施用された合成肥料および有機質肥料、放牧家畜のふん尿から揮発したアンモニアなどの窒素化合物が乱流拡散、分子拡散、静電力効果、化学反応、植物呼吸、降雨洗浄などの作用によって大気から土壌に沈着して微生物活動を受けてN₂Oが発生する。

農用地土壌へ施用された合成肥料、有機質肥料などの窒素が硝酸として溶脱・流出したもののから、微生物の作用によりN₂Oが発生する。

5.5.2.1. 大気沈降 (3.D.b.1.)

a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは合成肥料、有機質肥料、放牧家畜のふん尿から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い発生したN₂Oの排出量の算定、報告を行う。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年IPCCガイドラインのデシジョンツリー (Vol.4, Page 11.20, Fig.11.3) に従い、N₂O排出量の算定を行った。

$$E = EF \times A \times 44/28$$

E	: 大気沈降によるN ₂ O排出量 [kg N ₂ O]
EF	: 大気沈降によるN ₂ O排出量に関する排出係数 [kg-N ₂ O-N/ kg-NH ₃ -N+NO _x -N volatilized]
A	: 合成肥料、有機質肥料、放牧家畜のふん尿からNH ₃ やNO _x として揮散した窒素量 [kg-NH ₃ -N+NO _x -N]

■ 排出係数

0.01 [kg-N₂O-N/kg-NH₃-N+NO_x-N volatilized] (デフォルト値、2006年IPCCガイドラインVol4, Table11.3)

■ 活動量

活動量は下記の式で示したように、無機質窒素肥料、有機質肥料、放牧家畜のふん尿からNH₃やNO_xとして揮散した窒素量で構成されている。なお、家畜排せつ物処理過程でNH₃やNO_xとして揮散した窒素量は3.B.5.で報告している。

$$A = N_{FERT} \times Frac_{GASF} + N_{ON} \times Frac_{GASM3} + N_{PRP} \times Frac_{GASM4}$$

A	: 合成肥料、有機質肥料、放牧家畜のふん尿からNH ₃ やNO _x として揮散した窒素量 [kg-NH ₃ -N+NO _x -N]
N _{FERT}	: 無機質窒素肥料需要量 [kg-N]
Frac _{GASF}	: 無機質窒素肥料からNH ₃ やNO _x として揮散する割合 [kg-NH ₃ -N + NO _x -N/kg-N]
N _{ON}	: 農用地に施用された有機質肥料由来肥料中の窒素量 [kg-N]
Frac _{GASM3}	: 農用地に施用された有機質肥料中の窒素のうちNH ₃ やNO _x として揮散する割合 [kg-NH ₃ -N + NO _x -N/kg-N]
N _{PRP}	: 放牧家畜の排せつ物に含まれる窒素量 [kg-N]
Frac _{GASM4}	: 家畜排せつ物の処理の際に家畜排せつ物からNH ₃ やNO _x として揮散する割合 [kg-NH ₃ -N + NO _x -N/kg-N]

○ 農用地土壌に施用された無機質窒素肥料からNH₃やNO_xとして揮散した窒素量 (N_{FERT} × Frac_{GASF})

窒素施用量 (N_{FERT}) は無機質窒素肥料 (3.D.a.1.) で算出した「合成肥料施用量 (農地)」の値 (表 5-41) を用い、揮散割合 (Frac_{GASF}) は下記の表 5-57 に示した2006年IPCCガ

イドラインのデフォルト値を用いた。

表 5-57 合成肥料及び有機質肥料中の窒素からNH₃やNO_xとして揮発する割合

	値	単位
Frac _{GASF}	0.10	kg-NH ₃ -N + NO _x -N/kg of synthetic fertilizer nitrogen applied
Frac _{GASM}	0.20	kg-NH ₃ -N + NO _x -N/kg of nitrogen excreted by livestock

(出典) 2006年 IPCC ガイドライン Vol.4 Table11.3

- 農用地土壌に施用された有機質肥料からNH₃やNO_xとして揮発した窒素量 (N_{ON} × Frac_{GASM3})

農用地土壌に施用された家畜排せつ物に含まれる窒素量(N_{ON})は有機質窒素肥料 4.D.a.2. で記述した値を用いた。NH₃+NO_x揮発割合 (Frac_{GASM3}) は上記の表 5-57 に示した 2006年IPCCガイドラインのデフォルト値 (Frac_{GASM}=0.20) を用いた。

- 放牧家畜の排せつ物からNH₃やNO_xとして揮発した窒素量 (N_{PRP} × Frac_{GASM4})

放牧家畜の排せつ物に含まれる窒素量 (N_{PRP}) は、3.Bで計算された値を用いた。NH₃+NO_x揮発割合 (Frac_{GASM4}) については、上記の表 5-57 に示した 2006年IPCCガイドラインのデフォルト値 (Frac_{GASM}=0.20) を用いた。

表 5-58 合成肥料、有機質肥料、放牧家畜のふん尿からNH₃やNO_xとして揮発した窒素量 [t (NH₃-N+NO_x-N)]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
合成肥料由来 (N _{FERT} ×Frac _{GASF})	61,167	52,727	48,718	47,459	47,097	45,354	47,882	35,990	34,997	40,940	38,702	39,660	39,660
有機質肥料由来 (N _{ON} ×Frac _{GASM3})	110,866	106,963	101,932	93,346	93,576	96,714	104,986	98,010	91,435	96,968	98,669	95,783	94,869
放牧家畜由来 (N _{PRP} ×Frac _{GASM4})	2,829	2,766	2,539	2,441	2,374	2,347	2,348	2,334	2,360	2,332	2,327	2,302	2,274
合計 (NH ₃ +NO _x として揮散した窒素量) (A)	174,862	162,456	153,189	143,246	143,046	144,414	155,216	136,333	128,792	140,240	139,698	137,745	136,803

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

排出係数の不確実性は、2006年 IPCC ガイドラインに示されている各パラメータの不確実性から合成して算出した値 (-106%~+447%) を用いた。活動量の不確実性は、家畜の中で最も大きいブロイラーの値 (9%) で代替した。その結果、排出量の不確実性は-106%~+447%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出量は時系列的に一貫した算定方法、データソースを用いて算定されている。

d) QA/QC と検証

2006年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、1章に詳述している。

e) 再計算

該当せず。

f) 今後の改善計画及び課題

排出係数や投入した窒素の揮発率などについて、我が国独自の数値が設定出来るよう、検討が必要である。

5.5.2.2. 窒素溶脱・流出 (3.D.b.2.)

a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは、農用地の土壌からの窒素溶脱・流出に伴うN₂O排出の算定を行う。

b) 方法論

■ 算定方法

N₂O排出量は、2006年IPCCガイドラインのデシジョンツリー(Vol. 4, Page 11.20, Fig11.3)に従い、デフォルトの排出係数に、溶脱・流出した窒素量を乗じて算定を行なった。

$$E = EF \times A \times 44/28$$

- E : 窒素溶脱・流出に伴うN₂O排出量 [kg N₂O]
 EF : 窒素の溶脱及び流出に伴う排出係数[kg-N₂O-N/kg-N]
 A : 合成肥料、有機質肥料などから溶脱・流出した窒素量 [kg-N]

■ 排出係数

0.0075 kg-N₂O-N/kg-N (2006年IPCCガイドラインデフォルト値)

■ 活動量

活動量は下記の式で示したように、無機質肥料、有機質肥料、放牧家畜のふん尿、作物残さ、炭素消失による無機化からそれぞれ溶脱・流出する窒素量で構成されている。上述の3.D.a.1～3.D.a.5.でそれぞれ算定した窒素量に、2006年IPCCガイドラインに示されたデフォルトの溶脱・流出割合(0.30 [kg-N/kg-N])を乗じて算定した。

$$A = (N_{FERT} + N_{ON} + N_{PRP} + N_{CR} + N_{SOM}) \times \text{Frac}_{LEACH}$$

- A : 無機質窒素肥料、有機質肥料などから流出した窒素量 [kg-N]
 N_{FERT} : 農用地に施用された無機質窒素肥料に含まれる窒素量[kg-N]
 N_{ON} : 農用地に施用された有機質肥料由来肥料中の窒素量 [kg-N]
 N_{PRP} : 放牧家畜の排せつ物に含まれる窒素量 [kg-N]
 N_{CR} : 作物残さのすき込みによる窒素投入量[kg-N]
 N_{SOM} : 鉱質土壌の炭素消失時に無機化された窒素量 [kg-N]
 Frac_{LEACH} : それぞれの活動で溶脱・流出する窒素割合[kg- N/kg-N]
 (=0.30) (2006年IPCCガイドラインデフォルト値(Vol.4 Table11.3))

表 5-59 合成肥料、有機質肥料などから溶脱・流出した窒素量 [t (NH₃-N+NO_x-N)]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
合成肥料由来 (N _{FERT} ×Frac _{LEACH})	183,500	158,181	146,153	142,376	141,291	136,061	143,645	107,970	104,991	122,819	116,106	118,979	118,979
有機質肥料由来 (N _{ON} ×Frac _{LEACH})	166,299	160,445	152,897	140,019	140,364	145,070	157,480	147,015	137,152	145,452	148,003	143,675	142,303
放牧家畜由来 (N _{PRP} ×Frac _{LEACH})	4,243	4,149	3,809	3,662	3,560	3,520	3,522	3,500	3,540	3,498	3,491	3,452	3,411
作物残さのすきこみ由来 (N _{CR} ×Frac _{LEACH})	45,299	44,717	47,719	45,104	43,955	41,848	42,163	41,525	38,834	37,750	37,521	38,290	37,928
無機化された窒素由来 (N _{SOM} ×Frac _{LEACH})	172,527	165,416	160,274	157,153	156,459	156,009	155,538	155,004	154,594	154,232	153,151	152,922	152,636
合計 (溶脱流出した窒素量) (A)	571,868	532,908	510,852	488,314	485,628	482,509	502,348	455,014	439,112	463,751	458,272	457,318	455,258

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

排出係数の不確実性は、2006年 IPCC ガイドラインに示されている各パラメータの不確実性から合成して算出した値 (-115%~+287%) を用いた。活動量の不確実性は、上記「大気沈降」同様に9%を採用した。その結果、排出量の不確実性は-115%~+287%をと評価された。

■ 時系列の一貫性

排出量は時系列的に一貫した算定方法、データソースを用いて算定されている。

d) QA/QC と検証

2006年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、1章に詳述している。

e) 再計算

該当せず。

f) 今後の改善計画及び課題

排出係数や窒素の溶脱・流出割合などについて、我が国独自の数値が設定出来るよう、検討が必要である。

5.6. サバンナを計画的に焼くこと (3.E.)

当該排出区分では、2006年 IPCC ガイドラインにおいて「亜熱帯における草地の管理のために…」と記されているが、我が国では該当する活動が存在しないため、「NO」として報告する。

5.7. 野外で農作物の残留物を焼くこと (3.F.)

a) 排出源カテゴリーの説明

野外における作物残渣の不完全な燃焼により、CH₄、N₂Oが大気中に放出される。ここでは、これらのCH₄、N₂O排出に関する算定、報告を行なう。

2013年度におけるこのカテゴリーからの温室効果ガス排出量はCH₄が69 kt-CO₂換算、N₂Oが21 kt-CO₂換算であり、我が国の温室効果ガス総排出量(LULUCFを除く)のそれぞれ0.005%、0.002%を占めている。また、1990年度の排出量と比較するとそれぞれ44.6%、44.6%の減少となっている。

表 5-60 野外で農作物の残留物を焼くことによるCH₄及びN₂O排出量

ガス	区分	単位	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
CH ₄	3.F.1. 穀物	小麦	kt-CH ₄	0.38	0.22	0.27	0.31	0.31	0.32	0.31	0.28	0.24	0.22	0.21	0.20	
		大麦	kt-CH ₄	0.15	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06
		とうもろこし	kt-CH ₄	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
		稲	kt-CH ₄	1.87	1.96	1.32	0.89	0.99	0.89	0.83	0.72	0.68	0.66	0.67	0.63	0.63
		その他穀物類	kt-CH ₄	0.06	0.05	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.11	0.12	0.12
	3.F.2. 豆類	大豆	kt-CH ₄	0.47	0.22	0.40	0.44	0.43	0.46	0.45	0.48	0.47	0.45	0.44	0.42	0.42
		その他豆類	kt-CH ₄	0.35	0.27	0.22	0.21	0.19	0.16	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.16
	3.F.3. 根菜類	ばれいしょ	kt-CH ₄	0.23	0.20	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
		てんさい	kt-CH ₄	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11
		その他根菜類 (野菜類除く)	kt-CH ₄	0.20	0.17	0.15	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12
	3.F.3. さとうきび	kt-CH ₄	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	3.F.5. 野菜類	kt-CH ₄	0.95	0.87	0.81	0.75	0.74	0.73	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.71	0.71	0.70
	その他	kt-CH ₄	0.08	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
	合計	kt-CH ₄	5.0	4.3	3.8	3.3	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.9	2.8	2.8	
kt-CO ₂ 換算		125	109	94	83	85	82	80	77	75	73	72	70	69		
N ₂ O	3.F.1. 穀物	小麦	kt-N ₂ O	0.010	0.006	0.007	0.008	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005
		大麦	kt-N ₂ O	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001
		とうもろこし	kt-N ₂ O	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		稲	kt-N ₂ O	0.049	0.051	0.034	0.023	0.026	0.023	0.022	0.019	0.018	0.017	0.017	0.016	0.016
		その他穀物類	kt-N ₂ O	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003
	3.F.2. 豆類	大豆	kt-N ₂ O	0.012	0.006	0.010	0.011	0.011	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.011	0.011	0.011
		その他豆類	kt-N ₂ O	0.009	0.007	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
	3.F.3. 根菜類	ばれいしょ	kt-N ₂ O	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
		てんさい	kt-N ₂ O	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
		その他根菜類 (野菜類除く)	kt-N ₂ O	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
	3.F.3. さとうきび	kt-N ₂ O	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
	3.F.5. 野菜類	野菜類	kt-N ₂ O	0.025	0.023	0.021	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	0.018
		その他	kt-N ₂ O	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	合計	kt-N ₂ O	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	
kt-CO ₂ 換算		39	34	29	26	26	25	25	24	23	22	22	22	21		
全ガス合計	kt-CO ₂ 換算	163	142	124	109	111	107	104	101	98	95	94	92	91		

b) 方法論

■ 算定方法

CH₄、N₂Oの排出については、2006年IPCCガイドラインに示された方法を用いて算定した。

$$E = A \times M_B \times C_f \times G_{ef} \times 10^{-3}$$

E : 農作物残渣の野焼きによる温室効果ガス排出量 [tCH₄ or tN₂O]

A : 野焼き対象の面積 [ha]

M_B : 単位面積当たり燃焼重量[t/ha]

C_f : 燃焼係数

G_{ef} : 排出係数 [gCH₄/kg or gN₂O/kg]

■ 排出係数

CH₄: 2.7 g-CH₄/kg (乾物) (2006年IPCCガイドラインデフォルト値)

N₂O: 0.07 g-N₂O/kg (乾物) (2006年IPCCガイドラインデフォルト値)

■ 活動量

算定に使用したパラメータは下記表 5-61 に記載している。残渣の焼却割合と燃焼係数は、作物残渣のすき込みと共通のものを使用している。稲については、残渣の焼却量が得られるため、単位面積当たり燃焼重量 (M_B) は乗じないこととする。なお、麦類の野焼きされる割合については、作物残渣 (3.D.a.4.) の表 5-54 で示したものをを用いている。

表 5-61 残さの焼却割合、単位当たり燃焼重量×燃焼係数 ($M_B \times C_f$)、稲の燃焼係数

作物	残渣の焼却割合	$M_B \times C_f$	燃焼係数(C_f)
稲	---	---	0.80
豆類	12% *1	10 *3	---
野菜類、てんさい、とうもろこし、いも類、そば、なたね、い、葉たばこ	7% *2	10 *3	---
さとうきび	7% *2	6.5	---
麦類	上記表 5-54 参照	4 *4	---

(出典) 残さの焼却割合：温暖化対策土壌機能調査協議会「土壌由来温室効果ガス・土壌炭素調査事業」(参考文献 44)

$M_B \times C_f$ ：2006年IPCCガイドライン

*1: 野菜の値、*2: 豆類の値、*3: とうもろこしの値、*4: 小麦の値

稲の野焼きされる作物残渣量は、都道府県において把握しているデータより算出した稲わら・もみがらのうち焼却処理される量のデータを使用した(表 5-62)。その他の作物は「作物統計」および「野菜生産出荷統計」に掲載されている面積データを用いた。

表 5-62 焼却処理される稲わら及びもみがら量 [kt]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
稲わら	438.2	536.9	429.1	257.5	276.6	240.8	203.6	183.9	163.5	149.3	187.0	149.4	149.4
もみがら	581.3	528.3	291.3	226.0	260.3	246.4	249.9	209.9	206.0	212.9	179.2	195.6	195.6
計	1,019.5	1,065.2	720.4	483.5	536.9	487.2	453.5	393.8	369.4	362.2	366.2	345.0	345.0

(出典) 都道府県において把握しているデータより算出

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

排出係数の不確実性は、2006年IPCCガイドラインに示されている各パラメータの不確実性から合成して算出した値(CH_4 ：296%、 N_2O ：300%)を用いた。活動量の不確実性は、「耕地及び作付面積統計」に記載されている水田面積の標準誤差(1%)で代替した。その結果、 CH_4 、 N_2O 排出量の不確実性はそれぞれ、296%、300%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出量は時系列的に一貫した算定方法、データソースを用いて算定されている。

d) QA/QC と検証

2006年IPCCガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリQC手続きを実施している。一般的なインベントリQCには、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC活動については、1章に詳述している。

e) 再計算

2006年IPCCガイドラインの適用とともに、パラメータの変更および焼却される作物の種類を追加した。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

5.8. 石灰施用 (3.G.)

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーでは農地土壌への石灰施用に伴うCO₂排出量を取り扱う。2013年度における当該カテゴリーからのCO₂排出量は370 kt-CO₂であり、我が国の温室効果ガス総排出量(LULUCFを除く)の0.03%を占めている。1990年度比32.8%の減少となっている。

表 5-63 石灰施用に伴うCO₂排出量

ガス	区分	単位	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
CO ₂	3.G.-石灰石	kt-CO ₂	550	303	332	236	231	230	324	304	270	242	246	369	369
	3.G.-ドロマイト	kt-CO ₂	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.4	0.7	1.7	0.6	1.0	1.1	0.6	0.6
	合計	kt-CO ₂	550	304	333	236	231	230	325	306	270	243	247	370	370

b) 方法論

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドライン (Vol.4, 11.27, Figure11.4) のデシジョンツリーに従い、Tier 1法を用いて算定方法を行った。

$$E = (M_{Limestone} \times EF_{Limestone} + M_{Dolomite} \times EF_{Dolomite}) \times 44/12$$

E : 農地土壌への石灰施用に伴うCO₂排出量 [t-CO₂/yr]

$M_{Limestone}$: 石灰の施用量 [t/yr]

$EF_{Limestone}$: 石灰の排出係数 [t-C/t]

$M_{Dolomite}$: ドロマイトの施用量 [t/yr]

$EF_{Dolomite}$: ドロマイトの排出係数 [t-C/t]

■ 各種パラメータ

○ 単位石灰 [CaCO₃] 重量あたりの炭素含有量

0.12 t-C/t (2006年 IPCC ガイドラインデフォルト値)

○ 単位ドロマイト [CaMg(CO₃)₂] 重量あたりの炭素含有量

0.13 t-C/t (2006年 IPCC ガイドライン デフォルト値)

■ 活動量

○ 石灰施用量

農林統計協会「ポケット肥料要覧」に示される肥料の種類別生産量及び輸入量を積算して求めた。なお専門家判断に基づき、同統計に示される肥料のうち「炭酸カルシウム肥料」の全量、「貝化石肥料」、「粗砕石灰石」、「貝殻肥料」の70%を石灰、また「炭酸苦土肥料」の全量及び「混合苦土肥料」の74%をドロマイトと想定した。

表 5-64 石灰とドロマイトの施用量 [kt]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
石灰石施用量	1,250	689	755	536	524	523	737	691	613	550	558	839	839
ドロマイト施用量	0.7	1.1	1.1	1.0	1.4	0.8	1.5	3.5	1.2	2.0	2.4	1.3	1.3

(出典) 農林統計協会「ポケット肥料要覧」のデータより算出

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

排出係数の不確実性は、2006年 IPCC ガイドラインに示されている50%を用いた。活動量の不確実性は、「耕地及び作付面積統計」に記載されている水田面積の標準誤差（1%）で代替した。その結果、排出量の不確実性は50%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出量は時系列的に一貫した算定方法、データソースを用いて算定されている。

d) QA/QC と検証

2006年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、1章に詳述している。

e) 再計算

該当せず。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

5.9. 尿素肥料（3.H.）

a) カテゴリーの説明

尿素（ $(\text{NH}_3)_2\text{CO}$ ）の施肥により、土壌水中で炭酸水素イオン（ HCO_3^- ）が遊離され、さらに CO_2 となり大気中に放出される。ここでは、この CO_2 排出に関する算定、報告を行う。

なお、国内生産された尿素に関しては、工業プロセス部門で CO_2 排出量を使用段階まで一括して取り扱い計上しているため、ここでは輸入された尿素の使用に伴う CO_2 排出量の算定を行う。

2013年度における当該カテゴリーからの CO_2 排出量は162 kt- CO_2 であり、我が国の温室効果ガス総排出量（LULUCFを除く）の0.01%を占めている。また、1990年度の排出量と比較すると176%の増加となっている。

表 5-65 尿素肥料に伴う CO_2 排出量

ガス	区分	単位	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
CO_2	3.H.尿素肥料	kt- CO_2	59	56	110	166	179	153	175	134	120	160	162	162	162

b) 方法論

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドライン（Vol.4, 11.33, Figure11.5）のデシジョンツリーに従い、Tier 1法を用いて算定方法を行った。

$$E = (M \times EF) \times 44/12$$

E : 農地土壌への尿素肥料に伴う CO_2 排出量 [t- CO_2 /yr]

M : 尿素の施用量（輸入分） [t/yr]

EF : 尿素肥料の排出係数 [t-C/t]

■ 排出係数

0.20 t-C/t (2006年 IPCC ガイドラインデフォルト値)

■ 活動量

「ポケット肥料要覧」に示されている「尿素肥料需要量」から「尿素国内生産量のうち肥料用」を差し引いて算出した尿素肥料輸入量を用いた。

表 5-66 尿素肥料輸入量 [kt]

項目	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
尿素肥料輸入量	80	76	149	226	244	209	239	183	164	218	221	221	221

(出典) 農林統計協会「ポケット肥料要覧」のデータより算出

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

排出係数の不確実性は、2006年 IPCC ガイドラインに示されている50%を用いた。活動量の不確実性は、「耕地及び作付面積統計」に記載されている水田面積の標準誤差(1%)で代替した。その結果、排出量の不確実性は50%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出量は時系列的に一貫した算定方法、データソースを用いて算定されている。

d) QA/QC と検証

2006年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、1章に詳述している。

e) 再計算

該当せず。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

5.10. その他の炭素を含む肥料 (3.I.)

当該排出区分に該当する活動が存在しないため、「NO」として報告する。

5.11. その他 (3.J.)

その他として考えられる排出源がないため、「NO」として報告する。

参考文献

1. 2006年 IPCC ガイドライン (2006)
2. IPCC(1995): IPCC 1995 Report :Agricultural Options for Mitigation of Greenhouse Gas Emissions, 747-771
3. IRRI (International Rice Research Institute), “World Rice STATISTICS 1993-94”
4. 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)
5. 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)
6. 環境省「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果」(平成18年2月)
7. 環境省廃棄物・リサイクル対策部「廃棄物の広域移動対策検討調査及び廃棄物等循環利用量実態調査報告書(廃棄物等循環利用量実態調査編)」
8. 環境省廃棄物・リサイクル対策部「日本の廃棄物処理」
9. 気象庁「日本気候表」
10. 農林水産省「耕地及び作付面積統計」
11. 農林水産省「作物統計」
12. 農林水産省「畜産統計」
13. 農林統計協会「ポケット肥料要覧」
14. 農林水産省「野菜生産出荷統計」
15. 農林水産省「牛乳乳製品統計」
16. 農林水産省「畜産物生産費統計」
17. 畜産技術協会「畜産における温室効果ガスの発生制御 総集編」(平成14年3月)
18. 畜産技術協会「畜産における温室効果ガスの発生制御 第四集」(平成11年3月)
19. 畜産技術協会「畜産における温室効果ガスの発生制御 第六集」(平成13年3月)
20. 中央畜産会「日本飼養標準」
21. 沖縄県「沖縄県畜産統計」
22. 農業技術協会「平成12年度温室効果ガス排出量削減定量化法調査報告書」
23. 斎藤守「肥育豚及び妊娠豚におけるメタンの排せつ量」日本畜産学会会報 59、773-778 (1988)
24. 柴田正貴、寺田文典、栗原光規、西田武弘、岩崎和雄「反芻家畜におけるメタン発生量の推定」、日本畜産学会報、第64巻 第8号 (1993)
25. 鶴田治雄「日本の水田からのメタンと畑地からの亜酸化窒素の発生量」：農業環境技術研究所「資源・生態管理科研究集録13号別冊」(1997)
26. 村山登他編「作物栄養・肥料学」文永堂出版 (1984)
27. 尾和尚人「我が国の農作物の栄養収支」(「平成8年度関東東海農業環境調和型農業生産における土壌管理技術に関する第6回研究会「養分の効率的利用技術の新たな動向」) 1996年
28. 石橋誠、橋口純也、古閑護博「畜産業における温室効果ガス排出削減技術の開発(第2報)」畜産環境保全に関する試験研究 平成15年度畜産研究所試験成績書、熊本県農業研究センター畜産研究所 (2003)
29. Takuji Sawamoto, Yasuhiro Nakajima, Masahiro Kasuya, Haruo Tsuruta and Kazuyuki Yagi “Evaluation of emission factors for indirect N₂O emission due to nitrogen leaching in agro-ecosystems” GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS VOL.32, L03403 (2005)
30. Takeshi Osada, Kazutaka Kuroda, Michihiro Yonaga, “Determination of nitrous oxide, methane, and ammonia emissions from a swine waste composting process”, J Mater Cycles Waste Manage, 2,51-56 (2000)

31. Takashi Osada, "Nitrous Oxide Emission from Purification of Liquid Portion of Swine Wastewater", Greenhouse Gas Control Technologies, J.Gale and Y.Kaya (Eds.) (2003)
32. Takashi Osada, Yasuyuki Fukumoto, Tadashi Tamura, Makoto Shiraihi, Makoto Ishibashi, "Greenhouse gas generation from livestock waste composting, Non-CO₂ Greenhouse Gases (NCGG-4)", Proceedings of the Fourth International Symposium NCGG-4, 105-111 (2005)
33. Akiyama, H., Yagi, K., and Yan, X., "Direct N₂O emissions and estimate of N₂O emission factors from Japanese agricultural soils". In program and Abstracts of the International Workshop on Monsoon Asia Agricultural Greenhouse Gas Emissions, March 7-9, 2006, Tsukuba, Japan, 27 (2006)
34. Akiyama, H., Yagi, K., and Yan, X.: "Estimations of emission factors for fertilizer-induced direct N₂O emissions from agricultural soils in Japan: Summary of available data", Soil Science and Plant Nutrition, 52, 774-787 (2006)
35. (社)中央畜産会「家畜改良関係資料」
36. 農林水産省生産局畜産部畜産振興課「馬関係資料」
37. 永田修、鮫島良次「石狩川泥炭地の土地利用と温室効果ガス—湿地、水田、転換畑の比較—」(2006)
38. 築城幹典、原田靖生「家畜の排泄物量推定プログラム」、システム農学 (J、JASS)、13(1)、17-23、(1997)
39. 野中邦彦「茶園における窒素環境負荷とその低減のための施肥技術」、茶業研究報告 100号、29-41、(2005)
40. Nagata O, Sugito T, Kobayashi S, and Sameshima R, "Nitrous oxide emissions following the application of wheat residues and fertilizer under conventional-, reduced-, and zero-tillage systems in central Hokkaido Japan", Journal of Agricultural Meteorology, 65(2), 151-159. (2009)
41. 平成 20 年度環境バイオマス総合対策推進事業のうち農林水産分野における地球温暖化対策調査事業報告書 (全国調査事業) 事業課題名 我が国の気候条件等を踏まえた家畜排せつ物管理に伴う温室効果ガス排出量算定方法の検討
42. 高田裕介、中井信、小原洋「1992年の農耕地分布に基づくデジタル農耕地土壌図の作成」、日本土壌肥料学会誌雑誌、第 80 巻第 5 号 502-505 (2009)
43. 農林水産省「土壌環境基礎調査」
44. 温暖化対策土壌機能調査協議会「土壌由来温室効果ガス・土壌炭素調査事業」
45. 保科次雄、香西修治、本荘吉男「土壌中におけるチャ有機物の分解と茶樹による窒素の再吸収」、茶業研究報告 55 号、30-36 (1982)
46. 木下忠孝、辻正樹「てん茶園の窒素収支」、茶業研究報告 100 号、52-54 (2005)
47. 橋尚明、池田敏久、池田勝彦「茶樹における樹齢の進行および多肥条件下での窒素吸収特性」、日本作物学会記事 65 号、8-15 (1996)
48. 太田充、岩橋光育、森田明雄「一番茶後の更新茶園における整せん枝有機物の分解と窒素の消長」茶業研究報告 84 号別冊、130-131 (1996)
49. 松本成夫「地域における窒素フローの推定方法の確立とこれによる環境負荷の評価」、農業環境技術研究所報告 18 号、81-152 (2000)
50. 北海道農政部「北海道施肥ガイド 2010」(2010)
51. 農林水産省生産局畜産部畜産企画課「家畜排せつ物処理状況調査結果」(2009)
52. 農林水産省「平成 23 年度農林水産分野における地球環境対策推進手法の開発事業のうち農林水産由来温室効果ガス排出量精緻化検討・調査事業」(2012)
53. 伊達昇「便覧 有機質肥料と微生物資材」、農山漁村文化協会 (1988)
54. 土屋いづみ、悦永秀雄、堂岸宏、坂本卓馬、石田三佳、長谷川三喜、長田隆「鶏糞乾燥処理施設における温室効果ガス発生量の測定」日本畜産学会報 (2013)

55. 農林水産省「平成 24 年度農林水産分野における地球環境対策推進手法開発事業のうち農林水産業由来温室効果ガス排出量精緻化検討・調査事業 報告書」(2013)
56. 農林水産省「平成 25 年度農林水産分野における地球環境対策推進手法開発事業のうち農林水産業由来温室効果ガス排出量精緻化検討・調査事業」(2014)
57. 農林水産省「小動物及び実験動物等の飼養状況」
58. 寶示戸雅之、池口厚男、神山和則、島田和宏、荻野暁史、三島慎一郎、賀来康一「わが国農耕地における窒素負荷の都道府県別評価と改善シナリオ」日本土壤肥料学会誌 (2003)
59. 小川和夫、竹内豊、片山雅弘「北海道の耕草地におけるバイオマス生産量及び作物による無機成分吸収量」北海道農試研、149、57-91 (1988)
60. 麓 多門、柳原哲司、齋藤 隆、八木一行「農地からの温室効果ガス発生量の推定 -プロセスモデルによるアプローチ-」、土壤の物理性 (114)、49-52、(2010)
61. 農林水産省「第 4 次土地利用基盤整備基本調査」
62. Kazunori Minamikawa, Tamon Fumoto, Masayuki Itoh, Michiko Hayano, Shigeto Sudo, Kazuyuki Yagi, "Potential of prolonged midseason drainage for reducing methane emission from rice paddies in Japan: a long-term simulation using the DNDC-Rice model", *Biology and Fertility of Soils*, Vol.50-6, 879-889 (2014)
63. Hayano, M., T. Fumoto, K. Yagi, and Y. Shirato, National-scale estimation of methane emission from paddy fields in Japan: Database construction and upscaling using a process-based biogeochemistry model. *Soil Sci. Plant Nutr.* 59(5): 812-823. (2013)
64. Yagasaki, Y., and Y. Shirato, 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 m. *Biogeosciences* 11(16): 4429-4442. (2014)