

## 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つのカテゴリー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CH<sub>4</sub>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CH<sub>4</sub>及びN<sub>2</sub>O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CH<sub>4</sub>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N<sub>2</sub>O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：農作物残さの野焼き」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CH<sub>4</sub>及びN<sub>2</sub>Oの排出について報告を行う（CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O以外にもCO、NO<sub>x</sub>が発生する。CO、NO<sub>x</sub>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CO<sub>2</sub>について報告を行う。

2014年度における当該分野からの温室効果ガス排出量は38,372 kt-CO<sub>2</sub>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8.6%の減少となっている。

農業分野で用いている方法論のTierは、表5-1に示すとおりである。

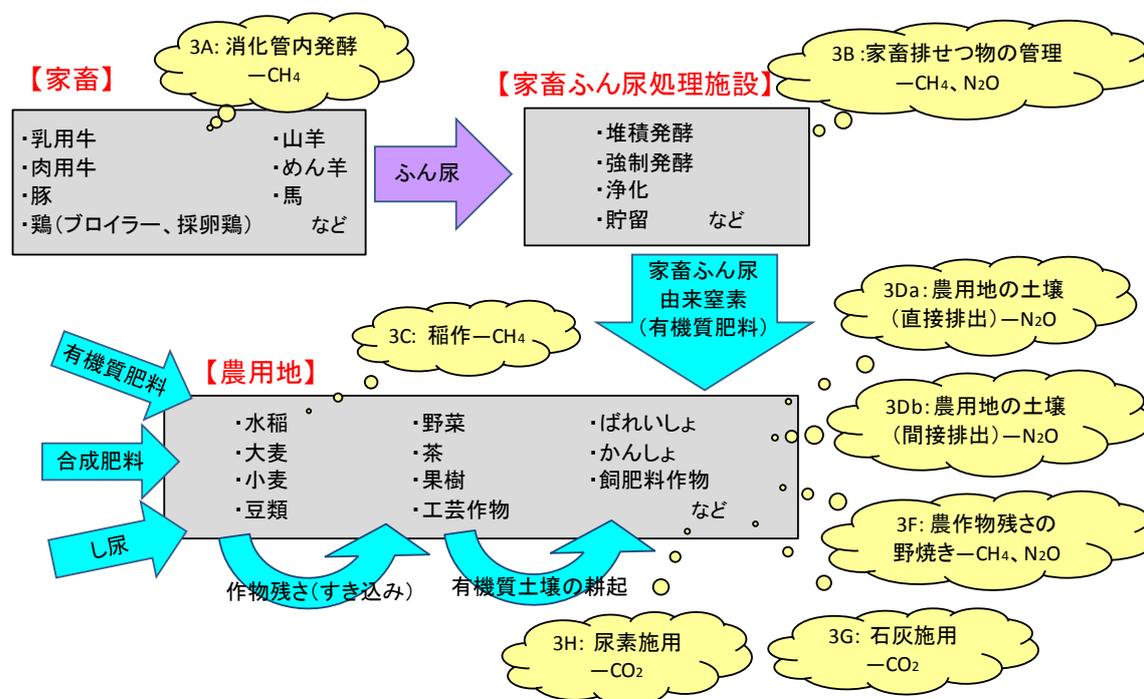


図 5-1 我が国の農業分野におけるカテゴリー間の関係

表 5-1 農業分野で用いている方法論のTier

温室効果ガスの種類 カテゴリー	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
	算定方法	排出係数	算定方法	排出係数	算定方法	排出係数
3.A. 消化管内発酵			CS,T1	CS,D		
3.B. 家畜排せつ物の管理			CS,T1	CS,D	CS,T1	CS,D
3.C. 稲作			T3	CS		
3.D. 農用地の土壌					CS,T2	CS,D
3.F. 農作物残さの野焼き			T1	D	T1	D
3.G. 石灰施用	T1	D				
3.H. 尿素施肥	T1	D				

D: IPCCデフォルト値、T1: IPCC Tier1、T2: IPCC Tier2、T3: IPCC Tier3、CS: 国独自の手法または排出係数

## 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CH<sub>4</sub>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CH<sub>4</sub>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CH<sub>4</sub>排出に関する算定、報告を行なう。

2014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7,223 kt-CO<sub>2</sub>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20.3%の減少となっている。この1990年度からの減少の主な要因は牛の家畜頭数の減少によるものである。

表 5-2 消化管内発酵に伴うCH<sub>4</sub>排出量

ガス	家畜種	単位	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
CH <sub>4</sub>	3.A.1.- 乳用牛	kt-CH <sub>4</sub>	186.1	179.3	166.5	158.8	157.1	153.7	150.4	148.1	144.9	145.1	142.3	138.6	136.0
	3.A.1.- 肉用牛	kt-CH <sub>4</sub>	158.2	164.2	165.0	157.5	159.8	163.9	162.3	160.2	152.9	151.4	146.8	142.4	138.0
	3.A.2. めん羊	kt-CH <sub>4</sub>	0.167	0.115	0.097	0.071	0.077	0.082	0.097	0.113	0.119	0.125	0.131	0.138	0.138
	3.A.3. 豚	kt-CH <sub>4</sub>	15.9	13.9	13.7	13.5	13.7	13.6	13.9	13.8	13.7	13.6	13.6	13.4	13.4
	3.A.4.- 水牛	kt-CH <sub>4</sub>	0.011	0.007	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.006
	3.A.4.- 山羊	kt-CH <sub>4</sub>	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 <sub>4</sub>	2.1	2.1	1.9	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3
合計	kt-CH <sub>4</sub>		362.6	359.7	347.3	331.5	332.2	332.8	328.2	323.8	313.1	311.7	304.2	295.9	288.9
	kt-CO <sub>2</sub> 換算		9,064	8,993	8,682	8,287	8,305	8,320	8,204	8,094	7,829	7,793	7,606	7,399	7,223

### 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CH<sub>4</sub>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CH<sub>4</sub>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CH<sub>4</sub>排出

量を求めた。

$$E = \sum (EF_i \times A_i)$$

- E : 牛の消化管内発酵によるCH<sub>4</sub>排出量 [kg-CH<sub>4</sub>]
- EF<sub>i</sub> : 牛の種類*i*の消化管内発酵に関するCH<sub>4</sub>排出係数 [kg-CH<sub>4</sub>/頭]
- A<sub>i</sub> : 牛の種類*i*の頭数 [頭]

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CH<sub>4</sub>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 5-3 牛の消化管内発酵に伴うCH<sub>4</sub>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		
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 <sub>4</sub> 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 <sub>4</sub> 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 <sub>4</sub> 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 <sub>4</sub> 排出量算定の対象外。		

■ 排出係数

牛の消化管内発酵に伴うCH<sub>4</sub>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CH<sub>4</sub>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CH<sub>4</sub>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））。

$$EF = Y / L_{CH4} \times Mol_{CH4} \times Day$$

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

- EF : 牛の消化管内発酵CH<sub>4</sub>排出係数 [kg-CH<sub>4</sub>/頭]
- Y : 1頭あたり1日あたりのCH<sub>4</sub>発生量[l/日/頭]
- L<sub>CH4</sub> : CH<sub>4</sub> 1mol体積 [l/mol]
- Mol<sub>CH4</sub> : CH<sub>4</sub>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 5-4 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 <sup>0.75</sup> +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 <sup>0.75</sup> /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 <sup>0.75</sup> +(0.0639×W <sup>0.75</sup> ×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 <sup>-2</sup> ×W-7.207×10 <sup>-5</sup> ×W <sup>2</sup> +3.867×10 <sup>-8</sup> ×W <sup>3</sup> 2007年以前：DMI= [0.1124×W <sup>0.75</sup> +(0.0546×W <sup>0.75</sup> ×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 <sup>0.75</sup> +(0.0609×W <sup>0.75</sup> ×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 <sup>0.75</sup> +(0.0510×W <sup>0.75</sup> ×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 <sup>0.75</sup> +{(1.00+0.030×W <sup>0.75</sup> )×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 5-5 牛の乳量 (MILK) 及び乳脂肪率 (FAT)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
乳量(搾乳牛)	kg/頭/日	20.8	22.4	23.5	25.1	25.0	25.4	25.5	25.7	25.6	25.5	25.8	26.0	26.4
乳脂肪率(搾乳牛)	%	3.7	3.8	3.9	4.0	4.0	4.0	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9

表 5-6 牛の体重 (W) [kg・頭<sup>-1</sup>]

家畜種		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
乳用牛	搾乳牛	595.9	602.8	621.4	622.7	623.0	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	622.7	623.0	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	374.2	376.1	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	162.8	166.1	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	450.9	443.7	436.4	429.1	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	259.3	255.2	251.1	247.0	247.0	247.0	247.0	247.0	247.0	247.0
		月齢5、6ヶ月	141.0	141.0	157.1	146.8	144.8	142.8	140.7	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	572.3	571.9	571.4	571.0	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	274.6	274.9	275.1	275.4	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	147.9	148.1	148.4	148.6	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	427.7	420.7	413.8	406.8	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	259.3	255.2	251.1	247.0	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	146.8	144.8	142.8	140.7	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 5-7 牛の体重増加 (DG) [kg・頭<sup>-1</sup>日<sup>-1</sup>]

家畜種		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
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	0.59	0.58	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	0.88	0.90	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	0.86	0.84	0.83	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
		月齢5、6ヶ月	0.74	0.74	1.04	0.96	0.94	0.92	0.91	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	0.58	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	0.24	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	0.86	0.84	0.83	0.81	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	0.96	0.94	0.92	0.91	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 5-8 牛の乾物摂取量 (DMI) [単位: kg・頭<sup>-1</sup>日<sup>-1</sup>]

家畜種		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
乳用牛	搾乳牛	16.6	17.4	18.1	18.9	18.7	18.9	18.9	19.0	18.9	18.9	19.0	19.0	19.2	
	乾乳牛	8.2	8.3	8.5	8.5	10.6	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	7.7	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	4.2	4.3	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	6.6	6.5	6.4	6.3	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	6.2	6.1	6.0	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9
		月齢5、6ヶ月	3.8	3.8	4.4	4.1	4.1	4.0	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	7.7	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	7.2	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	6.0	5.9	5.8	5.7	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	5.6	5.5	5.4	5.3	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	3.8	3.7	3.7	3.6	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 5-9 牛の消化管内発酵に関するCH<sub>4</sub>排出係数 [kg-CH<sub>4</sub>・頭<sup>-1</sup>年<sup>-1</sup>]

家畜種		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
乳用牛	搾乳牛	119.5	122.8	124.9	127.1	126.7	127.5	127.3	127.4	127.1	127.5	127.4	127.5	127.9	
	乾乳牛	72.0	72.7	74.0	74.1	88.7	88.9	88.7	88.7	88.7	88.9	88.7	88.7	88.7	
	育成牛 (2歳未満、7ヶ月以上)	63.4	64.7	66.9	67.8	68.0	68.1	68.0	68.0	68.0	68.1	68.0	68.0	68.0	
	育成牛 (月齢5、6ヶ月)	32.7	32.9	34.4	38.1	38.8	38.9	38.8	38.8	38.8	38.9	38.8	38.8	38.8	
肉用牛	繁殖雌牛	1歳以上	59.0	59.2	63.1	59.3	58.5	57.9	57.0	57.0	57.0	57.1	57.0	57.0	57.0
		1歳未満、7ヶ月以上	49.8	50.0	60.1	56.3	55.5	54.8	53.8	53.8	53.8	54.0	53.8	53.8	53.8
		月齢5、6ヶ月	34.9	35.0	40.4	37.8	37.3	36.9	36.2	36.2	36.2	36.3	36.2	36.2	36.2
	肥育牛	和牛・雄 (1歳以上)	73.2	73.4	73.2	72.8	72.7	72.8	68.5	68.5	68.5	68.7	68.5	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	61.4	64.5	64.5	64.5	64.7	64.5	64.5	64.5
		和牛・雄 (月齢5、6ヶ月)	39.6	39.7	39.6	39.9	40.0	40.2	39.8	39.8	39.8	39.9	39.8	39.8	39.8
		和牛・雌 (1歳以上)	51.8	51.9	58.1	54.2	53.5	52.8	51.9	51.9	51.9	52.0	51.9	51.9	51.9
		和牛・雌 (1歳未満、7ヶ月以上)	44.3	44.5	55.3	51.2	50.4	49.7	48.7	48.7	48.7	48.8	48.7	48.7	48.7
		和牛・雌 (月齢5、6ヶ月)	31.0	31.0	37.4	34.6	34.0	33.5	32.9	32.9	32.9	33.0	32.9	32.9	32.9
		乳用種 (月齢7ヶ月以上)	75.6	75.8	75.6	75.6	75.6	75.8	75.6	75.6	75.6	75.8	75.6	75.6	75.6
乳用種 (月齢5、6ヶ月)	48.0	48.1	48.0	48.0	48.0	48.1	48.0	48.0	48.0	48.1	48.0	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 5-10 牛の飼養頭数 [1000頭]

家畜種		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
乳用牛	搾乳牛	1,082	1,035	971	900	871	862	848	830	805	813	798	773	750	
	乾乳牛	332	299	249	231	221	213	207	200	195	200	194	185	184	
	育成牛 (2歳未満、7ヶ月以上)	491	445	379	379	375	344	334	341	351	328	323	328	328	
	育成牛 (月齢5、6ヶ月)	55	49	42	42	42	38	37	38	39	36	36	36	36	
	育成牛 (月齢5ヶ月未満)	109	99	84	84	83	76	74	76	78	73	72	73	73	
<b>乳用牛合計</b>		<b>2,068</b>	<b>1,927</b>	<b>1,725</b>	<b>1,636</b>	<b>1,592</b>	<b>1,533</b>	<b>1,500</b>	<b>1,484</b>	<b>1,467</b>	<b>1,449</b>	<b>1,423</b>	<b>1,395</b>	<b>1,371</b>	
肉用牛	繁殖雌牛	1歳以上	679	646	612	594	608	634	651	651	636	614	593	568	553
		1歳未満、7ヶ月以上	17	13	12	14	14	17	16	17	16	14	13	14	13
		月齢5、6ヶ月	6	4	4	5	5	6	5	6	5	5	4	5	4
		月齢5ヶ月未満	12	9	8	9	9	11	10	11	11	9	9	9	9
	肥育牛	和牛・雄 (1歳以上)	368	412	385	374	392	407	414	425	409	405	396	381	368
		和牛・雄 (1歳未満、7ヶ月以上)	125	133	114	119	118	123	130	132	127	123	116	115	112
		和牛・雄 (月齢5、6ヶ月)	42	44	38	40	39	41	43	44	42	41	39	38	37
		和牛・雄 (月齢5ヶ月未満)	83	89	76	80	79	82	87	88	85	82	77	77	75
		和牛・雌 (1歳以上)	197	265	246	290	291	309	322	339	336	343	337	328	313
		和牛・雌 (1歳未満、7ヶ月以上)	102	105	93	89	93	96	105	106	101	98	93	91	89
和牛・雌 (月齢5、6ヶ月)	34	35	31	30	31	32	35	35	34	33	31	30	30		
和牛・雌 (月齢5ヶ月未満)	68	70	62	59	62	64	70	70	67	65	62	60	59		
乳用種 (月齢7ヶ月以上)	805	808	845	789	798	800	775	726	671	669	655	639	621		
乳用種 (月齢5、6ヶ月)	89	90	94	88	89	89	86	81	75	74	73	71	69		
乳用種 (月齢5ヶ月未満)	179	180	188	175	177	178	172	161	149	149	146	142	138		
<b>肉用牛合計</b>		<b>2,805</b>	<b>2,901</b>	<b>2,806</b>	<b>2,755</b>	<b>2,806</b>	<b>2,890</b>	<b>2,923</b>	<b>2,892</b>	<b>2,763</b>	<b>2,723</b>	<b>2,642</b>	<b>2,567</b>	<b>2,489</b>	

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 法による排出量算定結果との比較を行った。その際、Tier2 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、CH<sub>4</sub> 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 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。

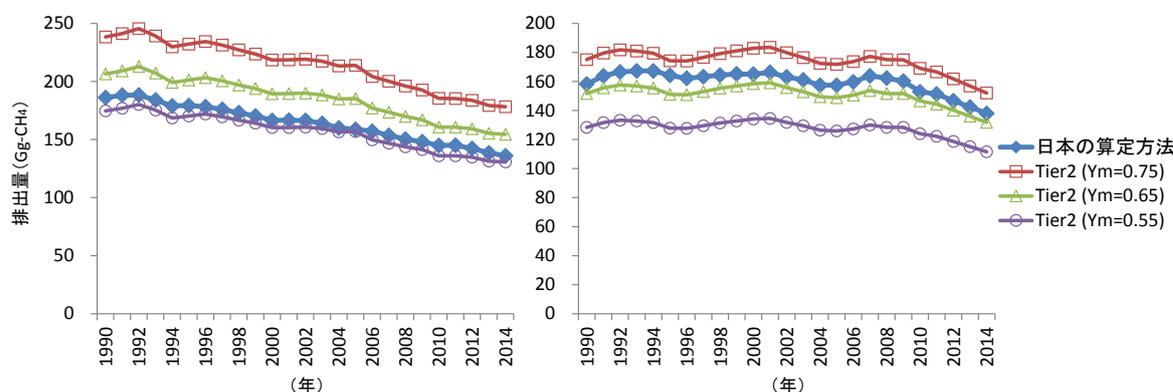


図 5-2 我が国の算定方法と IPCC Tier2 法の比較 (左: 乳用牛、右: 肉用牛)

## e) 再計算

なし。

## 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 CH<sub>4</sub> 排出に関する算定、報告を行なう。

## b) 方法論

## ■ 算定方法

CH<sub>4</sub> 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。

$$E=EF \times A$$

- E : 各家畜の消化管内発酵によるCH<sub>4</sub>排出量 [kg-CH<sub>4</sub>]
- EF : 各家畜の消化管内発酵に関するCH<sub>4</sub>排出係数 [kg-CH<sub>4</sub>/頭]
- A : 各家畜の頭数 [頭]

■ 排出係数

豚のCH<sub>4</sub>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CH<sub>4</sub>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 5-11 豚、めん羊、山羊、馬、水牛の消化管内発酵に関するCH<sub>4</sub>排出係数

家畜種	CH <sub>4</sub> 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に関して、2009年度までは(社)中央畜産会「家畜改良関係資料」、2013年度からは農林水産省「家畜の飼養に係る衛生管理の状況等」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。馬の活動量に関して、2009年度までは農林水産省「馬関係資料」、2013年度からは農林水産省「家畜の飼養に係る衛生管理の状況等」に示された飼養頭数を用いた。水牛の活動量は沖縄県「沖縄県畜産統計」に示された飼養頭数を用いた。

表 5-12 水牛、めん羊、山羊、豚、馬の飼養頭数 [1000 頭]

家畜種	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
めん羊	21	14	12	9	10	10	12	14	15	16	16	17	17
山羊	26	19	22	16	15	15	14	14	15	17	19	20	20
豚	11,335	9,900	9,788	9,620	9,759	9,745	9,899	9,834	9,768	9,735	9,685	9,537	9,537
馬	116	118	105	87	84	83	81	81	80	78	76	74	74
水牛	0.21	0.12	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.10	0.11

※豚の2004年度、2009年度値は内挿値。2014年度値は2013年度値で据え置き。

めん羊、山羊、馬の2010~2012年度は内挿値。2014年度値は2013年度値で据え置き。

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」に掲載のプ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2014年まで一定値を使用している。活動量には、「家畜改良関係資料」、「畜産統計」、「馬関係資料」、「沖縄県畜産統計」、「家畜の飼養に係る衛生管理の状況等」を用いており、それぞれの家畜で1990年度から一貫した算定方法を用いている。

## 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、馬に関して、2010～2013年度の活動量（頭数）が更新されたことにより、2010～2013年度の排出量が更新された。再計算の影響の程度については10章参照。

## f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 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 $\text{CH}_4$ 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- $\text{CO}_2$ 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.）

家畜の排せつ物の管理過程において、排せつ物中に含まれる有機物がメタン発酵によって分解される際に $\text{CH}_4$ が生成される。さらに、排せつ物中に消化管内発酵由来の $\text{CH}_4$ が溶けていてそれが通気や攪拌により大気中へ放出される。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 $\text{N}_2\text{O}$ が発生する。

2014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 $\text{CH}_4$ が2,361 kt- $\text{CO}_2$ 換算、 $\text{N}_2\text{O}$ が4,494 kt- $\text{CO}_2$ 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 $\text{CH}_4$ は29.6%の減少、 $\text{N}_2\text{O}$ は5.8%の増加となっている。この1990年度からの $\text{CH}_4$ 排出量減少の主な要因は乳用牛の家畜頭数の減少によるものであり、 $\text{N}_2\text{O}$ 排出量増加の主な要因は排出係数の大きい家畜排せつ物管理方法に推移していったことによるものである。

表 5-13 家畜排せつ物管理に伴うCH<sub>4</sub>及びN<sub>2</sub>O排出量

ガス	家畜種	単位	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
CH <sub>4</sub>	3.B.1.- 乳用牛	kt-CH <sub>4</sub>	116.0	109.1	99.2	94.8	92.5	90.8	89.3	88.4	86.6	86.8	85.0	82.7	80.9	
	3.B.1.- 肉用牛	kt-CH <sub>4</sub>	4.3	4.5	4.5	5.2	5.5	5.9	6.1	6.2	6.0	5.9	5.7	5.5	5.4	
	3.B.2. めん羊	kt-CH <sub>4</sub>	0.006	0.004	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	
	3.B.3. 豚	kt-CH <sub>4</sub>	11.1	9.7	9.1	6.6	6.3	5.9	5.5	5.1	5.0	5.0	5.0	4.9	4.9	
	3.B.4.- 水牛	kt-CH <sub>4</sub>	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 <sub>4</sub>	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	
	3.B.4.- 馬	kt-CH <sub>4</sub>	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 <sub>4</sub>	2.3	2.2	2.1	2.4	2.6	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	
	3.B.4.- うさぎ	kt-CH <sub>4</sub>	0.001	0.001	0.002	0.002	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 <sub>4</sub>	0.1053	0.0073	0.0038	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	
	合計	kt-CH <sub>4</sub>	134.1	125.8	115.2	109.3	107.0	105.4	103.9	102.8	100.7	100.9	98.9	96.4	94.4	
		kt-CO <sub>2</sub> 換算	3,353	3,146	2,879	2,733	2,676	2,634	2,596	2,569	2,518	2,521	2,472	2,410	2,361	
N <sub>2</sub> O	3.B.1.- 乳用牛	kt-N <sub>2</sub> O	2.5	2.3	2.2	2.5	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	
	3.B.1.- 肉用牛	kt-N <sub>2</sub> O	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1	3.3	3.3	3.4	3.2	3.2	3.1	3.0	2.9	
	3.B.2. めん羊	kt-N <sub>2</sub> O	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	
	3.B.3. 豚	kt-N <sub>2</sub> O	3.0	2.6	2.7	3.4	3.6	3.8	4.0	4.1	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	
	3.B.4.- 水牛	kt-N <sub>2</sub> O	0.00012	0.00007	0.00006	0.00005	0.00005	0.00005	0.00004	0.00005	0.00004	0.00005	0.00005	0.00005	0.00006	
	3.B.4.- 山羊	kt-N <sub>2</sub> O	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	
	3.B.4.- 馬	kt-N <sub>2</sub> O	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	
	3.B.4.- 家禽類	kt-N <sub>2</sub> O	1.4	1.4	1.3	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	
	3.B.4.- うさぎ	kt-N <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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	
	3.B.5. 間接排出	kt-N <sub>2</sub> O	4.6	4.3	4.1	3.9	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9	4.0	4.0	4.0	3.9	
		合計	kt-N <sub>2</sub> O	14.3	13.5	13.2	14.4	14.8	15.2	15.5	15.8	15.6	15.6	15.4	15.2	15.1
			kt-CO <sub>2</sub> 換算	4,249	4,038	3,936	4,278	4,422	4,524	4,625	4,710	4,650	4,654	4,597	4,543	4,494
全ガス合計		kt-CO <sub>2</sub> 換算	7,602	7,183	6,815	7,011	7,098	7,158	7,222	7,279	7,168	7,175	7,069	6,954	6,854	

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CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O排出に関する算定、報告を行なう。

なお、放牧家畜のCH<sub>4</sub>に関してはこのカテゴリーで報告し、N<sub>2</sub>Oに関しては「3.D.a.3.放牧家畜の排せつ物」で報告する。

b) 方法論

■ 算定方法

排せつ物の管理に伴うCH<sub>4</sub>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。

$$E_{CH4} = \sum (EF_{CH4-n} \times A_{CH4-n})$$

$E_{CH4}$  : 牛、豚、家禽の排せつ物管理に伴うCH<sub>4</sub>排出量 [g-CH<sub>4</sub>]

$EF_{CH4-n}$  : 排せつ物管理区分nの排出係数 [g-CH<sub>4</sub>/g有機物]

$A_{CH4-n}$  : 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]

N<sub>2</sub>O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。

$$E_{N2O} = \sum (EF_{N2O-n} \times A_{N2O-n}) \times 44 / 28$$

$E_{N2O}$  : 牛、豚、家禽の排せつ物管理に伴うN<sub>2</sub>O排出量 [g-N<sub>2</sub>O]

$EF_{N2O-n}$  : 排せつ物管理区分nの排出係数 [g-N<sub>2</sub>O-N/g-N]

$A_{N2O-n}$  : 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 $CH_4$ 及び $N_2O$ 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。

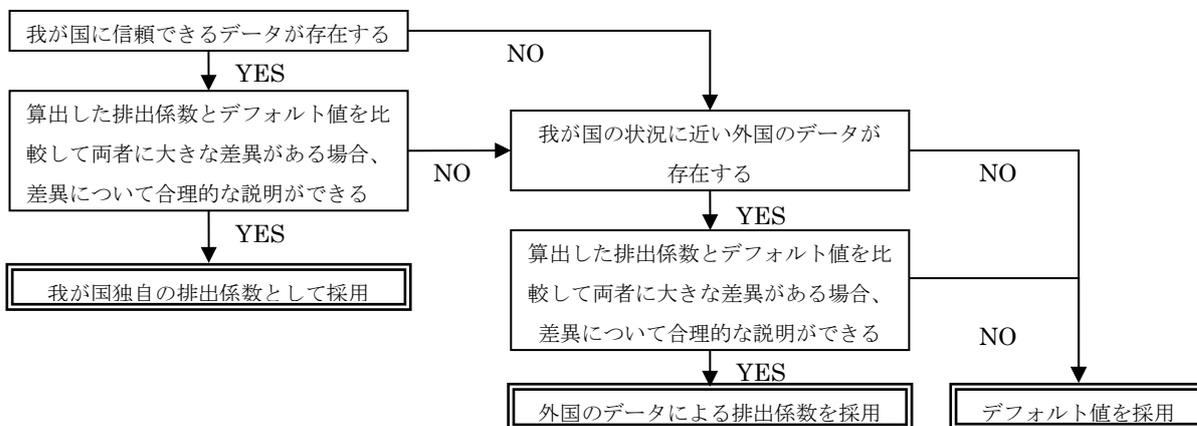


図 5-3 排出係数決定のためのデシジョンツリー

表 5-16 及び表 5-17 において、「D (デフォルト値)」と示されている $CH_4$ 排出係数は 2006 年 IPCC ガイドラインに示された Asia の Bo (最大 $CH_4$ 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 5-15) 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 5-14 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。

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。

$$EF_{CH_4-n} = Bo \times 0.67 \times MCF$$

- $EF_{CH_4-n}$  : 排せつ物管理区分 $n$ の排出係数 [g- $CH_4$ /g有機物]
- Bo : 最大 $CH_4$ 発生ポテンシャル[m<sup>3</sup>- $CH_4$ /kg-有機物]
- 0.67 : 体積から重量への換算係数[kg- $CH_4$ /m<sup>3</sup>- $CH_4$ ]
- MCF : メタン発生係数[%]

表 5-14 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

表 5-15 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CH<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>O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。詳細な方法は Mori らの論文 (2015、参考文献 65) に記述されている。

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CH<sub>4</sub>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 5-18)。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CH<sub>4</sub>排出係数が大きな数値になっていると考えられる。

表 5-16 牛、豚、採卵鶏、ブロイラーの排せつ物管理に伴うCH<sub>4</sub>排出係数 [g-CH<sub>4</sub>/g有機物]

処理区分	乳用牛		肉用牛		豚		採卵鶏 ブロイラー	
	排出係数	注記	排出係数	注記	排出係数	注記	排出係数	注記
貯留	表 5-18	J <sup>9</sup>	1.6 %	D <sup>1</sup>	4.9 %	D <sup>1</sup>	—	
天日乾燥	0.20 %	J <sup>3</sup>	0.20 %	J <sup>3</sup>	0.20 %	J <sup>3</sup>	0.14 %	J <sup>11</sup>
火力乾燥	0 %							Z <sup>4</sup>
強制発酵・ふん	0.052 %	D <sup>1</sup>	0.054 %	D <sup>1</sup>	0.080 %	J <sup>8</sup>	0.080 %	Sw
堆積発酵	3.80 %	J <sup>5</sup>	0.13 %	J <sup>5</sup>	0.16 %	J <sup>5</sup>	採卵鶏: 0.13 %、 ブロイラー: 0.02 %	J <sup>13</sup>
焼却	0.4 %							O <sup>4,2</sup>
強制発酵・尿	0.052 %	D <sup>1</sup>	0.054 %	D <sup>1</sup>	0.097 %	D <sup>1</sup>	—	
強制発酵・ふん尿混合					0.080 %	J <sup>8</sup>		
浄化	0 %	D <sup>1</sup>	0 %	D <sup>1</sup>	0.91 %	J <sup>12</sup>		
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
メタン発酵・ふん尿混合	表 5-18	J <sup>9</sup>	3.0 %	PS	8.7 %	PS	—	
放牧	0.076 %			J <sup>10</sup>	—		0.14 %	SD
その他・ふん	3.80 %	M	0.4 %	M	0.4 %	M	0.4 %	M
その他・ふん尿混合	3.90 %	M	3.0 %	M	8.7 %	M	—	

※表 5-17 の注釈、出典参照

表 5-17 牛、豚、採卵鶏、ブロイラーの排せつ物管理に伴うN<sub>2</sub>O排出係数 [g-N<sub>2</sub>O-N/g-N]

処理区分	乳用牛		肉用牛		豚		採卵鶏 ブロイラー	
貯留	0.02 %	J <sup>9</sup>	0 %		D <sup>1</sup>		—	
天日乾燥			2.0 %		D <sup>1</sup>		0.33%	J <sup>11</sup>
火力乾燥			2.0 %				D <sup>1</sup>	
強制発酵・ふん	0.25%		J <sup>6</sup>	0.16 %	J <sup>8</sup>		0.16 %	Sw
堆積発酵	2.40%	J <sup>5</sup>	1.60 %	J <sup>5</sup>	2.50 %	J <sup>5</sup>	採卵鶏: 0.54 %、 ブロイラー: 0.08 %	J <sup>13</sup>
焼却			0.1 %				O <sup>4</sup>	
強制発酵・尿			1.0 %		D <sup>1</sup>		—	
強制発酵・ふん尿混合	1.0%	D <sup>1</sup>	0.25%	J <sup>7</sup>	0.16%	J <sup>8</sup>		
浄化	5.0 %		J <sup>7</sup>	2.87%	J <sup>12</sup>			
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
メタン発酵・ふん尿混合	0.15%	J <sup>9</sup>	0.1 %		PS		—	
放牧	0.684%		J <sup>10</sup>	—		0.33%		SD
その他・ふん	2.4%	M	2.0%	M	2.5%	M	2.0%	M
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 5-16、表 5-17 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: Akinori Mori and Masayuki Hojito, "Methane and nitrous oxide emissions due to excreta returns from grazing cattle in Nasu, Japan", Grassland Science (2015) (参考文献 65)

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 5-18 乳用牛の「貯留」および「メタン発酵」のCH<sub>4</sub>排出係数 [g-CH<sub>4</sub>/g-有機物]

項目	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
貯留	2.47%	2.44%	2.42%	2.40%	2.40%	2.39%	2.39%	2.38%	2.37%	2.37%	2.37%	2.37%	2.37%
メタン発酵	3.22%	3.17%	3.14%	3.11%	3.11%	3.10%	3.08%	3.07%	3.06%	3.06%	3.06%	3.06%	3.05%

※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<sub>CH4-n</sub> : 各家畜種から排せつされる有機物量 [kt]
- A<sub>N2O-n</sub> : 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<sub>n</sub> : 排せつ物分離・混合処理の割合 [%]
- MS<sub>n</sub> : 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 5-22、表 5-23）。

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 5-19 参照）。

表 5-19 採卵鶏、ブロイラーの羽数 [1000羽]

家畜種	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
採卵鶏	188,786	190,634	186,202	180,697	186,583	184,773	180,994	179,770	178,546	177,607	174,784	174,806	174,806
ブロイラー	142,740	118,123	106,311	103,687	105,287	102,987	107,141	113,262	119,383	125,503	131,624	135,747	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。

2014年度の採卵鶏およびブロイラーの値は2013年度値で据え置き。

（出典）農林水産省「畜産統計」、「畜産物流通統計」

表 5-20 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 5-21 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 5-22 家畜種ごとの排せつ物管理区分割合 (乳用牛、肉用牛、豚) (MS<sub>n</sub>)

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%	
	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 5-23 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<sub>n</sub>)

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	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 5-22 参照

表 5-24 家畜種ごとの排せつ物分離・混合処理の割合 (Mix<sub>n</sub>)

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 5-25 にその詳細を示した。

なお、我が国で堆肥化处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、「NO」として報告した。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である。

表 5-25 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 <sub>2</sub> Oは「放牧家畜の排せつ物（3.D.a.3）」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

CH<sub>4</sub>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。N<sub>2</sub>O 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 CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O でそれぞれ -20% ~ +20%、-71% ~ +112%、鶏の CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 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CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O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CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O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CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O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。CH<sub>4</sub>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CH<sub>4</sub>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。N<sub>2</sub>Oについては、N<sub>2</sub>O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。CH<sub>4</sub>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、N<sub>2</sub>O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N<sub>2</sub>O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

乳用牛、肉用牛の放牧の排出係数を更新したことにより、全年度の排出量が更新された。再計算の影響の程度については10章参照。

## f) 今後の改善計画及び課題

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CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O排出に関する算定、報告を行なう。

## b) 方法論

## ■ 算定方法

CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O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。

$$E_{CH_4} = EF_{CH_4} \times P$$

$$E_{N_2O} = \sum (EF_{N_2O-n} \times P \times Nex \times MS_n)$$

E<sub>CH<sub>4</sub></sub> : 家畜排せつ物管理に伴うCH<sub>4</sub>排出量 [kg-CH<sub>4</sub>]

- $E_{N_2O}$  : 家畜排せつ物管理に伴う $N_2O$ 排出量 [kg- $N_2O$ ]
- $EF_{CH_4}$  :  $CH_4$ 排出係数 [kg- $CH_4$  頭<sup>-1</sup>年<sup>-1</sup>]
- $EF_{N_2O-n}$  : 排せつ物処理区分nの $N_2O$ 排出係数 [kg- $N_2O$  (kg-N)<sup>-1</sup>]
- 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<sup>-1</sup>]
- $MS_n$  : 排せつ物管理区分割合 [%]

■ 排出係数

$CH_4$ 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。

$N_2O$ 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 5-26 水牛、めん羊、山羊、馬の $CH_4$ 排出係数

家畜種	[kg- $CH_4$ 頭 <sup>-1</sup> 年 <sup>-1</sup> ]	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 5-27 水牛、めん羊、山羊、馬、うさぎ、ミンクの $N_2O$ 排出係数

排せつ物管理区分		[kg- $N_2O-N$ (kg-N) <sup>-1</sup> ]
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 5-12 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 5-28 参照)。

$N_2O$ 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。

表 5-28 うさぎ、ミンクの飼養頭数 [1000 頭]

家畜種	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
うさぎ	15	16	21	19	19	19	18	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 5-29 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) <sup>-1</sup> 日 <sup>-1</sup> ]	家畜排せつ物中窒素量 [kg-N (頭) <sup>-1</sup> 年 <sup>-1</sup> ]
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 5-30 水牛の排せつ物管理処理区分割合 (MS<sub>n</sub>)

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。CH<sub>4</sub>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。N<sub>2</sub>O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CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O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、「家畜改良関係資料」、「馬関係資料」、「沖縄県畜産統計」、「家畜の飼養に係る衛生管理の状況等」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

めん羊、山羊、馬の2010~2013年度の活動量の更新により、2010~2013年度の排出量が変更された。再計算の影響の程度については10章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 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-CO<sub>2</sub>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 N<sub>2</sub>O 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NH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>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N<sub>2</sub>O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N<sub>2</sub>O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N<sub>2</sub>O排出量 (家畜排せつ物処理過程) [kg-N<sub>2</sub>O]  
 N<sub>Volatilization-MMS</sub> : 家畜排せつ物処理過程でNH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮発した窒素量 [kg (NH<sub>3</sub>-N+NO<sub>x</sub>-N)]  
 EF : 排出係数 [kg-N<sub>2</sub>O-N/kg (NH<sub>3</sub>-N+NO<sub>x</sub>-N)]

## ■ 排出係数

0.010 [kg-N<sub>2</sub>O-N/kg-NH<sub>3</sub>-N & NO<sub>x</sub>-N deposited] (2006年IPCCガイドライン Vol.4 Table11.3)

## ■ 活動量

牛、豚、鶏（採卵鶏、ブロイラー）に関して、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NH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮発した窒素量 (N<sub>Volatilization-MMS</sub>) 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<sub>Bi</sub>) 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<sub>GASM1i</sub>) 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<sub>GASM2i</sub>) 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 5-31)。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NH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮発した窒素からの間接N<sub>2</sub>O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<sub>Volatilization-MMS</sub> : 家畜排せつ物処理過程でNH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮発した窒素量 [kg (NH<sub>3</sub>-N+NO<sub>x</sub>-N)]  
 N<sub>Bi</sub> : 処理方式 i における家畜排せつ物中の窒素量 [kg-N]  
 Frac<sub>GASM1i</sub> : 処理方式 i の畜舎における家畜排せつ物からNH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮発する割合 [kg-NH<sub>3</sub>-N + NO<sub>x</sub>-N/kg-N]  
 Frac<sub>GASM2i</sub> : 処理方式 i の処理時に家畜排せつ物からNH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮発する割合 [kg-NH<sub>3</sub>-N + NO<sub>x</sub>-N/kg-N]

表 5-31 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 <sub>GASM1</sub> )	処理時揮散割合 (Frac <sub>GASM2</sub> )
	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%
		浄化	10.3%	0%
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

水牛、うさぎ、ミンクに関しては、ふん尿全量に 2006 年 IPCC ガイドラインで示されたデフォルトの揮散割合 (Other-Solid storage : 12%) を掛けることにより、NH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮発する量を算出した。

表 5-32 家畜排せつ物処理過程でNH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮発した窒素量 [kt(NH<sub>3</sub>-N+NO<sub>x</sub>-N)]

項目	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
乳用牛	33.3	31.5	28.5	26.2	25.3	24.5	23.9	23.4	23.0	22.9	22.5	21.9	21.5
肉用牛	26.8	27.8	26.8	26.3	26.8	27.7	27.9	27.6	26.4	26.1	25.2	24.5	23.8
豚	43.6	38.1	37.0	33.8	33.8	33.3	33.2	32.4	32.1	32.1	31.9	31.4	31.4
鶏 (採卵鶏、ブロイラー)	187.6	177.5	166.9	161.2	165.8	164.3	163.8	166.2	168.6	171.3	172.4	174.7	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	247.5	251.7	249.8	248.8	249.6	250.1	252.5	251.9	252.5	251.3

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

後述の「農用地の土壌 (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

なし。

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.）

CH<sub>4</sub>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CH<sub>4</sub>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。

2014 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 17,904 kt-CO<sub>2</sub>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 3.5%の増加となっている。この 1990 年度からの排出量増加の主な要因は有機物投入量が増加したことによるものである。

表 5-33 稲作に伴うCH<sub>4</sub>排出量

ガス	区分	単位	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
CH <sub>4</sub>	3.C.1.- 常時湛水田	kt-CH <sub>4</sub>	96.2	104.3	95.8	100.7	97.4	98.9	102.7	97.6	103.8	104.2	103.4	103.5	102.8
	3.C.1.- 間欠灌漑水田	kt-CH <sub>4</sub>	595.5	613.2	572.8	589.9	576.8	601.5	610.3	597.2	639.7	625.7	613.3	619.4	613.4
	合計	kt-CH <sub>4</sub>	691.8	717.4	668.5	690.6	674.3	700.5	713.0	694.8	743.6	729.9	716.6	722.9	716.2
		kt-CO <sub>2</sub> 換算	17,294	17,936	16,714	17,265	16,856	17,511	17,825	17,371	18,589	18,248	17,916	18,073	17,904

#### 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（間断灌漑水田、常時湛水田）からのCH<sub>4</sub>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。

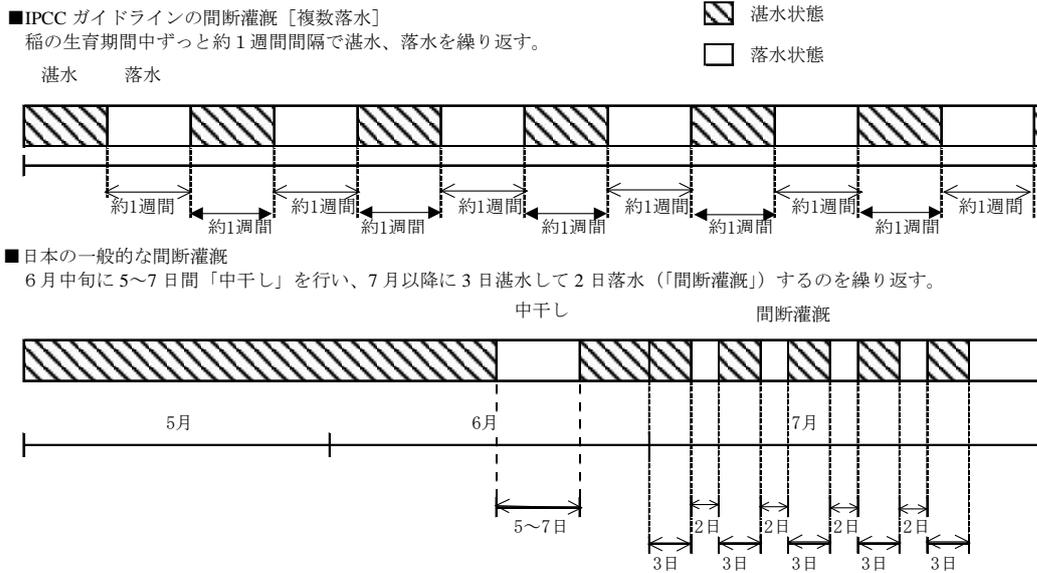


図 5-4 2006 年 IPCC ガイドラインの間断灌漑（複数落水）水田と日本の一般的な間断灌漑（中干し）水田

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。

なお、ここで用いられている算定方法については Katayanagi et al. (2016) (参考文献 67) および関連文献に記述されているものをもとに算定方法検討会において検討し、構築している。

$$E = \sum_{i,j,k,l} \{ (A_i \times f_{Di,j} \times f_{wi,k} \times f_{ol}) \times EF_{i,j,k,l} \} \times 16/12$$

$$EF = aX + b$$

- $E$  : 水田からのCH<sub>4</sub>の排出量 [kgCH<sub>4</sub>]
- $i$  : 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、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 [kgCH<sub>4</sub>-C/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CH<sub>4</sub>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CH<sub>4</sub>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CH<sub>4</sub>排出量を推定できるように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。

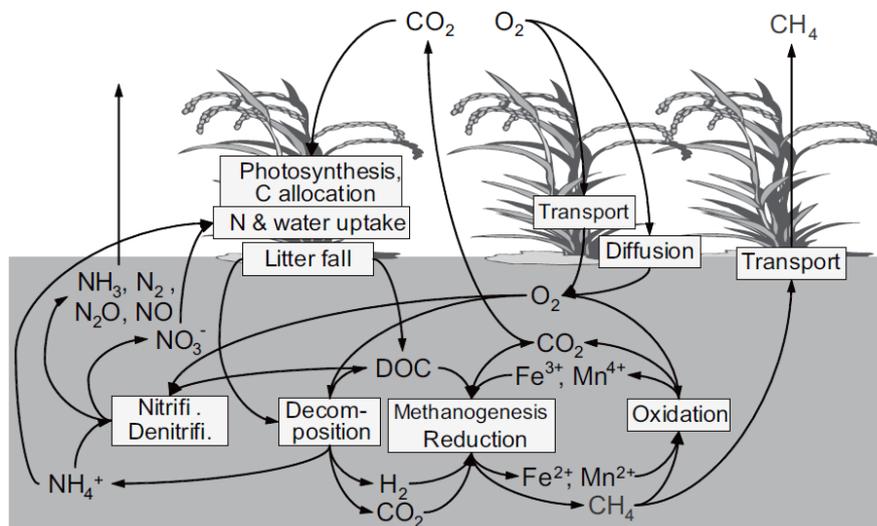


図 5-5 DNDC-Rice モデルの概念図

（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  $15 \text{ mm day}^{-1}$ 、 $10 \text{ mm day}^{-1}$ 、または  $5 \text{ mm day}^{-1}$  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<sup>1</sup>、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CH<sub>4</sub>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5-39)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5-34、表5-35に示したとおりである。

表 5-34 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	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
稲わら	北海道	2.72	3.15	3.43	3.84	3.74	3.44	3.47	3.17	3.74	3.66	3.45	3.40	3.48
	東北	2.84	3.17	3.61	3.65	3.58	3.71	3.44	3.56	3.88	3.52	3.36	3.38	3.42
	北陸	3.86	3.82	4.33	3.36	3.35	3.45	3.25	3.41	4.63	4.31	3.20	3.23	3.17
	関東	2.84	3.11	3.65	3.65	3.42	3.54	3.42	3.49	3.61	3.41	3.27	3.34	3.25
	東海・近畿	3.18	3.54	3.96	4.02	3.82	3.95	3.75	3.78	4.05	3.70	3.62	3.68	3.51
	中国・四国	3.01	3.55	3.87	3.79	3.35	3.75	3.66	3.47	3.91	3.67	3.46	3.43	3.28
	九州・沖縄	2.80	2.76	3.04	2.79	2.44	2.92	3.19	2.93	3.14	2.65	2.78	2.76	2.73
堆肥	北海道	1.24	0.61	0.68	1.79	2.01	2.23	2.72	2.33	2.23	2.63	2.52	2.52	2.52
	東北	1.24	0.61	0.68	1.79	2.01	2.23	2.72	2.33	2.23	2.63	2.52	2.52	2.52
	北陸	1.25	0.61	0.68	1.79	2.01	2.23	2.72	2.33	2.23	2.63	2.52	2.52	2.52
	関東	1.35	0.73	0.72	2.13	2.39	2.64	3.22	2.73	2.59	3.08	2.94	2.93	2.93
	東海・近畿	1.25	0.61	0.68	1.81	2.03	2.26	2.76	2.35	2.24	2.66	2.54	2.54	2.54
	中国・四国	1.33	0.66	0.70	1.94	2.16	2.37	2.91	2.50	2.40	2.84	2.72	2.71	2.71
	九州・沖縄	1.55	0.93	0.84	2.84	3.26	3.69	4.56	3.89	3.69	4.55	4.33	4.30	4.28

表 5-35 各区分の稲作からのCH<sub>4</sub>排出係数 [kgCH<sub>4</sub>-C/ha]

項目		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
排水不良・常時湛水	稲わら	北海道	854	970	1,046	1,158	1,131	1,051	1,058	976	1,130	1,109	1,052	1,038	1,061
		東北	933	1,021	1,139	1,150	1,131	1,166	1,095	1,127	1,211	1,116	1,074	1,079	1,088
		北陸	1,014	1,004	1,123	896	894	918	871	908	1,193	1,118	860	867	852
		関東	369	402	467	468	440	455	440	448	463	438	421	430	419
		東海・近畿	668	741	823	835	795	823	782	788	841	771	757	767	733
		中国・四国	671	779	841	825	738	817	799	762	849	801	760	754	725
		九州・沖縄	356	351	385	355	312	371	403	372	398	338	353	352	347
	堆肥	北海道	452	279	298	600	660	721	855	747	720	830	799	799	799
		東北	506	337	355	652	711	771	903	796	770	879	848	848	848
		北陸	404	254	271	530	582	633	748	655	633	727	700	700	700
		関東	184	108	106	280	312	344	415	354	337	397	381	379	379
		東海・近畿	285	157	170	395	440	486	584	503	482	564	541	541	541
		中国・四国	339	208	215	461	504	545	652	572	552	638	613	613	613
		九州・沖縄	205	129	117	361	411	464	570	489	464	569	542	538	536
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	

<sup>1</sup> わらと堆肥を同時に投入したシナリオはモデル上で構築されているが、インベントリ排出量の算定には使用していない。

表 5-35 各区分の稲作からのCH<sub>4</sub>排出係数 [kgCH<sub>4</sub>-C/ha] (つづき)

項目		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014			
排水不良・間断灌漑	稲わら	北海道	854	970	1,046	1,158	1,131	1,051	1,058	976	1,130	1,109	1,052	1,038	1,061		
		東北	903	990	1,107	1,117	1,099	1,134	1,064	1,095	1,178	1,084	1,042	1,047	1,057		
		北陸	777	769	867	680	678	698	659	690	926	864	651	656	644		
		関東	332	362	420	421	395	409	396	403	416	394	379	386	377		
		東海・近畿	544	605	672	682	649	672	639	643	687	629	618	626	598		
		中国・四国	608	709	766	751	670	744	728	692	774	729	690	685	658		
		九州・沖縄	306	302	331	305	269	319	347	320	341	291	304	303	299		
		堆肥	北海道	452	279	298	600	660	721	855	747	720	830	799	799	799	
			東北	481	314	332	625	684	743	873	768	742	849	819	819	819	
	北陸		273	150	163	378	420	463	558	481	463	541	519	519	519		
	関東		166	98	97	252	281	309	373	319	303	357	342	341	341		
	東海・近畿		228	122	133	319	356	393	475	407	390	458	439	439	439		
	中国・四国		300	179	185	413	453	491	591	516	497	578	555	554	554		
	九州・沖縄		178	114	104	310	353	398	487	419	398	487	464	461	458		
	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・常時灌水	稲わら	北海道	515	590	639	711	694	642	647	594	693	679	643	634	648
				東北	697	764	854	862	848	874	821	845	909	836	804	808	815
	北陸			777	769	866	682	680	700	661	691	923	862	653	658	646	
関東	242			263	305	306	287	297	287	292	302	286	275	281	274		
東海・近畿	308			343	383	388	369	382	363	366	391	358	351	356	340		
中国・四国	274			321	348	341	303	338	330	314	352	331	313	310	298		
九州・沖縄	298			294	323	297	261	311	338	312	333	283	296	294	291		
堆肥	北海道			256	145	157	352	390	429	516	446	429	500	480	480	480	
	東北			372	242	257	483	528	573	674	593	573	655	632	632	632	
	北陸		282	161	174	385	426	468	562	486	468	545	523	523	523		
	関東		123	74	74	185	206	226	271	232	221	260	249	248	248		
	東海・近畿		126	64	71	178	200	221	269	230	220	259	248	248	248		
	中国・四国		130	74	77	183	202	220	266	231	223	260	249	249	249		
	九州・沖縄		171	107	98	302	345	389	478	410	389	477	455	451	449		
	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・間断灌漑			稲わら	北海道	358	411	446	497	484	448	451	414	484	474	448	442	452
				東北	502	552	619	625	615	635	595	613	660	606	582	585	590
	北陸			564	558	629	495	493	508	480	502	671	626	474	477	469	
	関東	177		193	223	223	210	217	210	214	221	209	201	205	201		
	東海・近畿	139		155	172	175	167	172	164	165	176	161	158	160	153		
	中国・四国	149		175	190	186	165	184	180	170	192	180	170	169	162		
	九州・沖縄	170		168	184	170	149	177	193	178	190	161	169	168	166		
	堆肥	北海道		175	96	105	242	270	297	359	309	297	347	333	333	333	
		東北		259	163	173	342	376	410	485	424	410	471	454	454	454	
		北陸	203	115	124	278	308	339	407	352	339	395	379	379	379		
		関東	91	56	56	136	151	165	199	170	162	190	183	182	182		
		東海・近畿	56	29	32	80	90	100	121	103	99	117	112	112	112		
		中国・四国	68	37	38	98	108	118	144	125	120	141	135	134	134		
		九州・沖縄	97	61	55	172	197	222	273	234	222	273	260	258	256		
		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 5-35 各区分の稲作からのCH<sub>4</sub>排出係数 [kgCH<sub>4</sub>-C/ha] (つづき)

項目		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014			
4時間排除・常時灌水	稲わら	北海道	465	533	577	643	627	580	584	536	626	614	581	573	586		
		東北	647	710	796	803	790	815	764	787	848	779	749	752	759		
		北陸	740	732	824	649	647	666	629	658	878	821	621	626	615		
		関東	319	346	401	402	378	390	378	385	397	376	362	370	361		
		東海・近畿	327	364	404	410	391	404	384	387	413	379	372	377	360		
		中国・四国	369	431	467	458	408	454	443	421	472	444	420	417	400		
		九州・沖縄	358	353	388	357	314	373	406	374	400	340	355	354	349		
		堆肥	北海道	230	130	140	317	352	387	466	402	387	451	433	433	433	
			東北	337	214	228	443	486	529	625	547	528	607	585	585	585	
	北陸		268	152	165	366	406	445	535	463	445	518	497	497	497		
	関東		165	102	101	245	272	298	357	307	292	343	329	327	327		
	東海・近畿		137	73	80	192	214	237	286	245	235	276	264	264	264		
	中国・四国		178	103	107	248	273	296	359	312	300	350	336	336	336		
	九州・沖縄		205	127	116	363	414	468	575	493	468	574	547	543	540		
	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・間断灌溉	稲わら	北海道	261	300	325	363	354	327	329	302	353	346	327	322	330
				東北	457	503	564	570	561	579	542	558	602	552	530	533	538
	北陸			500	495	558	438	437	450	425	444	596	556	419	422	415	
	関東			221	240	278	279	262	271	262	267	275	261	251	256	250	
	東海・近畿			184	205	228	231	220	228	216	218	233	213	209	212	203	
	中国・四国			256	299	324	318	283	315	308	292	328	308	292	289	278	
九州・沖縄	213			209	230	212	186	222	241	222	238	202	211	210	207		
堆肥	北海道			126	69	75	176	196	216	261	225	216	253	243	243	243	
	東北			233	144	154	310	341	372	441	385	371	428	412	412	412	
	北陸		177	97	106	244	271	298	360	310	298	348	334	334	334		
	関東		113	68	68	169	188	206	248	212	202	237	228	227	227		
	東海・近畿		76	40	44	107	120	133	161	138	132	155	148	148	148		
	中国・四国		123	70	73	171	189	205	248	216	208	243	233	233	232		
	九州・沖縄		121	75	68	215	246	278	342	293	278	341	325	323	321		
	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<sub>D</sub>)、水管理割合 (f<sub>w</sub>)、有機物管理割合 (f<sub>O</sub>) はそれぞれ下記表 5-36～表 5-39 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 5-36 地域別水稲作付面積 (A) [kha]

項目	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
北海道	146	163	135	119	116	116	115	115	115	114	113	113	112
東北	525	539	456	444	441	436	419	421	429	406	414	419	419
北陸	258	260	221	218	217	216	211	211	213	213	213	215	216
関東	386	390	336	331	329	329	320	320	322	323	324	324	323
東海	117	116	95	91	90	89	88	87	88	88	88	87	86
近畿	145	148	122	117	114	113	111	111	111	111	111	111	110
中国・四国	236	232	187	182	181	178	176	176	178	176	175	175	173
九州・沖縄	246	251	207	206	204	200	196	196	202	202	203	203	201
合計	2,058	2,098	1,758	1,708	1,691	1,678	1,637	1,637	1,657	1,632	1,641	1,647	1,639

※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 5-37 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 5-38 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 5-39 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	2014
わら施用	60%	65%	61%	57%	62%	65%	65%	65%
各種堆肥施用	20%	18%	23%	26%	22%	23%	23%	23%
無施用	20%	17%	16%	17%	16%	12%	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)、

Katayanagi et al.(2016) (参考文献 67) の論文などで実施され、報告されている。下図 5-6 は Katayanagi et al.(2016)に記載されている年間メタン排出量の実測値とDNDC-Riceモデルによる推定値の比較である。論文によると、CH<sub>4</sub>排出量の推定値は地点間の条件の違いによるばらつきを反映し、実測値と高い相関をもっていた ( $r=0.861$ ) と報告している。

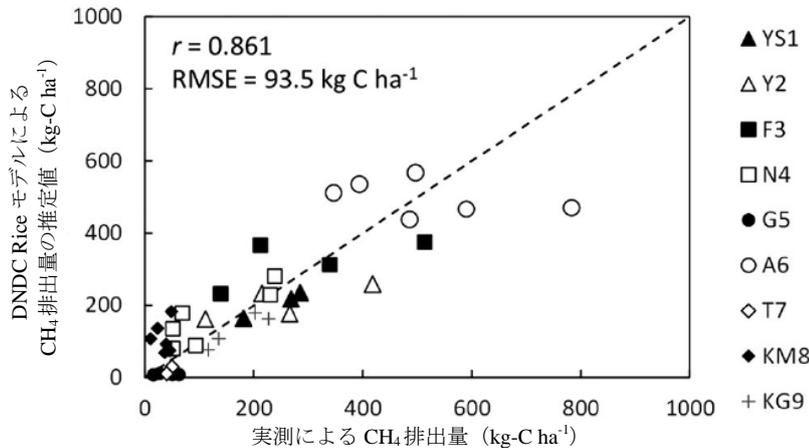


図 5-6 年間メタン排出量の実測値と DNDC-Rice モデルによる推定値の比較

(出典) Katayanagi et al. (2016) (参考文献 67) Fig.3 より引用

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の妥当性確認については、Katayanagi et al.(2016) (参考文献 67) の中で行うとともに、算定方法検討会の農業分科会においても検討を行っている。

#### e) 再計算

有機物施用量を更新したため、全年度の排出量が変更された。再計算の影響の程度については 10 章参照。

#### f) 今後の改善計画及び課題

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。CH<sub>4</sub>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CH<sub>4</sub>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N<sub>2</sub>O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。

2014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5,720 kt-CO<sub>2</sub>換算であり、我が国の温室効果ガス総排出量(LULUCFを除く)の0.4%を占めている。また、1990年度の排出量と比較すると21.2%の減少となっている。この1990年度からの排出量減少の主な要因は無機質肥料施用量、家畜ふん尿由来の有機質肥料施用量が減少したことによるものである。

表 5-40 農用地の土壌からのN<sub>2</sub>O排出量

ガス	区分	単位	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
N <sub>2</sub> O	3.D.a. 直接排出	1.無機質肥料	kt-N <sub>2</sub> O	6.2	5.3	5.0	4.8	4.7	4.9	3.7	3.6	4.2	4.0	4.1	4.2	4.2
		2.有機質肥料	kt-N <sub>2</sub> O	5.5	5.3	5.0	4.6	4.7	5.1	4.8	4.5	4.8	4.8	4.7	4.7	4.7
		3.放牧地のふん尿	kt-N <sub>2</sub> O	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
		4.作物残渣	kt-N <sub>2</sub> O	2.4	2.3	2.5	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 <sub>2</sub> O	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
		6.有機質土壌の耕起	kt-N <sub>2</sub> 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
	3.D.b. 間接排出	1.大気沈降	kt-N <sub>2</sub> O	2.7	2.6	2.4	2.2	2.3	2.4	2.1	2.0	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
		2.窒素溶脱・流出	kt-N <sub>2</sub> O	5.5	5.1	4.9	4.7	4.6	4.9	4.3	4.1	4.4	4.4	4.3	4.4	4.4
	合計		kt-N <sub>2</sub> O	24.4	22.5	21.7	20.4	20.3	21.4	18.9	18.1	19.4	19.1	19.1	19.3	19.2
			kt-CO <sub>2</sub> 換算	7,262	6,712	6,457	6,081	6,042	6,373	5,641	5,391	5,772	5,705	5,686	5,741	5,720

### 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N<sub>2</sub>Oが発生する。また、硝酸態窒素が脱窒する過程でN<sub>2</sub>Oが発生する。

また、窒素を含む土壌を耕起することによりN<sub>2</sub>O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(化学肥料)の施肥に伴うN<sub>2</sub>O排出の算定を行う。

##### b) 方法論

##### ■ 算定方法

N<sub>2</sub>O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。

また、硝化抑制剤入り化学肥料を投入し、土壌からのN<sub>2</sub>O排出量を抑制する排出削減対策についても算定に組み込んだ。

$$E = \sum_{ij} (F_{SNij} \times EF_{1ij}) \times 44 / 28$$

E : 農用地の土壌への無機質肥料(化学肥料)の施肥に伴うN<sub>2</sub>O排出量 [kg-N<sub>2</sub>O]

F<sub>SNij</sub> : 作物種*i*の農用地土壌に投入された化学肥料*j*の施用量[kg-N]

EF<sub>1ij</sub> : 作物種*i*の化学肥料*j*を投入した場合の排出係数[kg-N<sub>2</sub>O-N/kg-N]

i : 作物種

j : 肥料の種類(硝化抑制剤入りまたはなし)

##### ■ 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。また、硝化抑制剤入りの排出係数は、我が国独自の排出係数にN<sub>2</sub>Oの削減率をかけて設定した。

日本の各地で測定されたデータを解析し、化学肥料及び有機質肥料の投入窒素量とN<sub>2</sub>O排出量の関係を調査したところ、化学肥料と有機質肥料で排出係数に有意差はなかったため、化学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N<sub>2</sub>O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。

硝化抑制剤入り化学肥料を投入した際のN<sub>2</sub>Oの削減率はAkiyamaら（2010）（参考文献 66）におけるジシアンジアミド入り肥料によるN<sub>2</sub>O削減率（26～36%）の下限值である26%と設定した。なお、水稲については湛水され硝化が起きにくいことから、硝化抑制剤入り化学肥料が施用される可能性がほとんどないため、排出係数は設定しない。

表 5-41 農用地の土壌への化学肥料の施肥に伴うN<sub>2</sub>O排出係数

作物種	排出係数（硝化抑制剤なし） [kg-N <sub>2</sub> O-N/kg-N]	排出係数（硝化抑制剤入り） [kg-N <sub>2</sub> O-N/kg-N]
水稲	0.31 %	—
茶	2.9 %	2.1 % [=2.9%×(1-0.26)]
その他の作物	0.62 %	0.46 % [=0.62%×(1-0.26)]

（出典）Akiyama et al., Direct N<sub>2</sub>O emissions and estimate of N<sub>2</sub>O emission factors from Japanese agricultural soils. (2006)（参考文献 33）

Akiyama et al., Estimations of emission factors for fertilizer-induced direct N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils in Japan: Summary of available data (2006)（参考文献 34）

Akiyama et al., Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N<sub>2</sub>O and NO emissions from agricultural soils: meta-analysis, Global Change Biology (2010)（参考文献 66）

■ 活動量

化学肥料施用総量は「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化学肥料施用量として用いた（表 5-42）。さらに、上記排出係数を考慮し、作物別の化学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化学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化学肥料施用量を各作物別に配分した。

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

- F<sub>SNi</sub> : 作物種 i の農用地に投入された化学肥料施用量[t-N]
- F<sub>T</sub> : 化学肥料施用総量 [t-N]
- F<sub>FRST</sub> : 森林への化学肥料施用量[t-N]
- RA<sub>i</sub> : 作物種 i の作付面積[ha]
- RF<sub>i</sub> : 作物種 i の単位面積当たり化学肥料施用量 [kg-N/10a]
- RA<sub>n</sub> : 各作物種別作付面積 [ha]
- RF<sub>n</sub> : 各作物種の単位面積当たり化学肥料施用量[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化学肥料、有機質肥料別に把握されている。専門家判断によると、水稲、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（化学肥料、有機質肥料の合計値）と2000年調査（参考文献22）における茶の化学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5-45参照）。

水稲については、「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、水稲の値で代用した。

硝化抑制剤入り化学肥料の出荷量（製品ベース）（「化学肥料施用量（農地）」の内数）については農林水産省調査のデータを使用し、それらに含まれる窒素含有率は主要メーカーの平均値の13%を用いた。また、硝化抑制剤入り化学肥料は、水稲および飼肥料作物に対して施用される可能性がほとんどないため、それらは施用対象から除いた。

表 5-42 化学肥料施用量 [t-N]

項目	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
化学肥料施用総量	611,955	527,517	487,406	471,190	453,774	479,034	360,056	350,135	409,590	387,201	396,783	409,918	409,918
化学肥料施用量（森林）	288	248	229	222	238	216	157	165	193	182	187	193	193
化学肥料施用量（農地）	611,667	527,269	487,177	470,968	453,536	478,818	359,899	349,970	409,397	387,019	396,596	409,725	409,725

※硝化抑制剤入り化学肥料を含む

（出典）化学肥料施用総量：農林統計協会「ポケット肥料要覧」（参考文献13）

化学肥料施用量（森林）：林野庁調べをもとに算出

表 5-43 硝化抑制剤入り化学肥料の出荷量（窒素量ベース） [t-N]

項目	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
硝化抑制剤入り化学肥料施用量	0	0	4,030	4,290	4,030	4,030	4,160	5,980	4,940	5,850	5,070	7,800	4,680

（出典）農林水産省調査より窒素含有率を13%として算出

表 5-44 作物種別単位面積当たり化学肥料施用量（水稲、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 5-45 単位面積当たり化学肥料施用量（水稲、茶） [kg-N/10a]

項目	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
化学肥料施用量（水稲）	9.65	8.71	7.34	6.62	6.46	6.27	6.47	5.80	5.95	5.93	6.04	6.10	6.10
化学肥料施用量（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：化学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）、水稲：農林統計協会「ポケット肥料要覧」（参考文献 13）

表 5-46 作物種別作付面積 [kha]

項目	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
野菜	620.1	564.4	524.9	476.3	471.2	468.0	469.5	468.7	465.4	460.4	457.9	453.4	452.1
水稲（子実用）	2,055.0	2,106.0	1,763.0	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	1,573.0
果樹	346.3	314.9	286.2	265.4	261.8	258.4	254.7	250.7	246.9	243.5	240.3	237.0	233.8
茶	58.5	53.7	50.4	48.7	48.5	48.2	48.0	47.3	46.8	46.2	45.9	45.4	44.8
ばれいしょ	115.8	104.4	94.6	86.9	86.6	87.4	84.9	83.1	82.5	81.0	81.2	79.7	78.3
豆類	256.6	155.5	191.8	193.9	194.5	191.3	199.7	197.5	189.0	186.2	180.2	178.5	181.0
飼肥料作物	1,096.0	1,013.0	1,026.0	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	1,019.0
かんしょ	60.6	49.4	43.4	40.8	40.8	40.7	40.7	40.5	39.7	38.9	38.8	38.6	38.0
麦	366.4	210.2	236.6	268.3	272.1	264.0	265.4	266.2	265.7	271.7	269.5	269.5	272.7
雑穀（そばを含む）	29.6	23.4	38.4	45.9	46.1	47.4	49.1	47.5	49.7	58.1	62.6	62.9	61.4
桑	59.5	26.3	5.9	3.0	2.7	2.4	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
工芸作物	142.9	124.5	116.3	110.3	109.3	108.1	107.5	106.4	104.8	101.9	100.2	98.5	97.8
たばこ	30.0	26.4	24.0	19.1	18.5	17.7	16.8	15.8	15.0	13.0	9.0	8.9	8.6
陸稲	18.9	11.6	7.1	4.5	4.1	3.6	3.2	3.0	2.9	2.4	2.1	1.7	1.4

（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

硝化抑制剤入り化学肥料を投入した際の排出係数を設定したため、1996年から2013年度までの排出量が更新された。2013年度の活動量の更新により、2013年度の排出量が更新された。再計算の影響の程度については10章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 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N<sub>2</sub>O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N<sub>2</sub>O排出量の算定を行った。

$$E = \sum_i (N_{ONi} \times EF_{1i}) \times 44 / 28$$

E : 農用地の土壌への有機質肥料の施用に伴うN<sub>2</sub>O排出量 [kg-N<sub>2</sub>O]  
 N<sub>ONi</sub> : 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<sub>1i</sub> : 作物種*i*の排出係数[kg-N<sub>2</sub>O-N/kg-N]

## ■ 排出係数

化学肥料と同様の我が国独自の排出係数を用いた。(表 5-41)

## ■ 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<sub>ON</sub> : 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<sub>AM</sub> : 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<sub>SEW</sub> : 農用地土壌に施用される下水汚泥に含まれる窒素量  
 N<sub>FU</sub> : 農用地土壌に施用されるし尿に含まれる窒素量  
 N<sub>COMPsub</sub> : 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<sub>OOA</sub> : 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<sub>AM</sub>)

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<sub>AM</sub>) 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<sub>Total-AW</sub>) から、放牧家畜の排せつ物に含まれる窒素量 (N<sub>PRP</sub>)、大気中にN<sub>2</sub>Oとして揮発する窒素量（放牧家畜を除く）(N<sub>N2O</sub>)、大気中にNH<sub>3</sub>+NO<sub>x</sub>として揮発する窒素量（放牧家畜を除く）(N<sub>NH3+NOx</sub>)、「焼却」・「浄化」処理に含まれる窒素量 (N<sub>inc+pur</sub>)、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<sub>disposal</sub>) 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<sub>AM</sub> : 農用地に施用された家畜排せつ物中の窒素量 [kg-N]  
 N<sub>Total-AW</sub> : 家畜から排せつされた窒素総量 [kg-N]  
 N<sub>PRP</sub> : 放牧家畜の排せつ物に含まれる窒素量[kg-N]  
 N<sub>N2O</sub> : 家畜排せつ物からN<sub>2</sub>Oとして大気中に揮発した窒素量（放牧家畜を除く）[kg-N]  
 N<sub>NH3+NOx</sub> : 家畜排せつ物からNH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮発した窒素量（放牧家畜を除く）[kg-NH<sub>3</sub>-N+NO<sub>x</sub>-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中に含まれる窒素量 ( $N_{PRP}$ )、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の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。

$N_{disposal} = \text{直接最終処分量} + \text{処理後最終処分量} \times \text{家畜排せつ物中の平均窒素含有率}$
---

表 5-47 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	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ふん尿中の窒素総量 ( $N_{Total-AW}$ )	808,157	766,166	724,712	699,380	707,956	706,543	705,561	705,648	700,161	703,077	696,906	692,425	685,867
放牧家畜のふん尿中の窒素総量 ( $N_{PRP}$ )	14,145	13,829	12,697	11,868	11,735	11,740	11,668	11,802	11,591	11,497	11,299	11,092	10,961
大気中に $N_2O$ として排出される窒素量 (浄化・焼却以外) ( $N_{N2O}$ )	4,752	4,637	4,534	5,077	5,256	5,424	5,560	5,674	5,554	5,538	5,436	5,343	5,251
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) ( $N_{NH3+NNOx}$ )	272,463	258,375	242,564	224,986	227,520	224,625	221,675	220,293	219,887	221,246	219,880	219,932	218,704
浄化・焼却によって消失する窒素量 ( $N_{inc+pur}$ )	69,165	60,416	61,891	79,768	84,878	88,353	94,079	99,447	100,711	102,536	103,639	103,867	103,829
埋立され消失する窒素量 ( $N_{disposal}$ )	330	316	292	282	285	284	295	377	284	293	345	357	359
農用地に施用される家畜ふん尿に含まれる窒素量 ( $N_{AM}$ )	447,302	428,593	402,734	377,399	378,283	376,117	372,284	368,056	362,134	361,967	356,308	351,833	346,762

○ 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 5-48 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	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
動物質肥料	384.1	389.4	341.0	262.7	223.5	287.4	291.9	227.9	268.3	267.4	302.6	380.4	380.4
魚かす	111.5	88.6	89.0	73.9	78.4	152.6	81.6	70.0	62.2	52.1	55.4	59.9	59.9
蒸製骨粉	113.1	134.2	112.8	11.4	10.6	14.5	20.6	20.9	16.7	20.8	19.4	15.0	15.0
その他の動物質肥料	159.5	166.6	139.2	177.5	134.5	120.3	189.7	136.9	189.4	194.5	227.7	305.5	305.5
植物質肥料	635.9	725.7	982.4	494.8	827.8	1,639.8	972.1	554.8	1,059.5	1,310.0	1,079.7	1,043.6	1,043.6
大豆油粕	3.5	4.7	28.9	1.1	37.2	39.7	41.0	36.1	209.5	138.5	134.4	167.7	167.7
なたね油粕	451.0	437.2	620.7	241.0	350.0	434.4	299.9	228.0	221.4	396.3	347.9	288.4	288.4
その他の植物質肥料	181.4	283.8	332.8	252.7	440.7	1,165.8	631.2	290.7	628.7	775.2	597.4	587.4	587.4
汚泥	787.3	935.2	817.7	1,287.4	1,328.4	1,370.5	1,377.1	1,296.6	1,395.6	1,361.5	1,329.3	1,355.5	1,355.5

(出典) 農林統計協会「ポケット肥料要覧」(参考文献 13)

表 5-49 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 5-55）を用いた。

表 5-50 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	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
家畜ふん尿由来 ( $N_{AM}$ )	447,302	428,593	402,734	377,399	378,283	376,117	372,284	368,056	362,134	361,967	356,308	351,833	346,762
下水汚泥由来 ( $N_{SEW}$ )	21,257	25,250	22,078	34,760	35,867	37,003	37,183	35,007	37,682	36,759	35,892	36,599	36,599
し尿由来 ( $N_{FU}$ )	10,394	4,747	2,116	874	729	609	1,702	457	427	369	351	286	273
堆肥副資材由来 ( $N_{COMPsub}$ )	18,316	15,514	11,485	11,217	11,040	10,674	9,927	9,270	8,864	8,443	8,803	8,879	8,894
その他有機質肥料由来 ( $N_{OQA}$ )	57,128	60,790	71,314	43,685	57,704	100,582	69,006	44,438	75,785	85,859	77,617	82,631	82,631
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） ( $N_{ON}$ )	554,397	534,894	509,727	467,935	483,623	524,986	490,102	457,228	484,893	493,397	478,971	480,227	475,159

○ 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、化学肥料同様、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（化学肥料、有機質肥料の合計値）と 2000 年調査（参考文献 28）における茶の化学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 5-45 参照）。なお、作物種別の作付面積は化学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 5-51 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
水稲	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、水稲の値で代用した。

(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 5-52 単位面積当たり有機質肥料施用量（茶）[kg-N/10a]

項目	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
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：化学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

農用地土壤に施用された家畜排せつ物に含まれる窒素量が更新されたことおよび汚泥やそ

の他有機質肥料の活動量が更新されたことにより、全年度の排出量に変更された。再計算の影響の程度については10章参照。

#### f) 今後の改善計画及び課題

現在、無機質窒素（化学肥料）・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している。

### 5.5.1.3. 放牧家畜の排せつ物（3.D.a.3.）

#### a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは、放牧家畜の排せつ物からの $N_2O$ 排出の算定を行う。

#### b) 方法論

放牧家畜の排せつ物からの $CH_4$ 、 $N_2O$ 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、 $N_2O$ 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壌へのすき込みに伴う $N_2O$ 排出の算定を行う。

#### b) 方法論

##### ■ 算定方法

$N_2O$ 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	: $N_2O$ 排出量 [kg- $N_2O$ ]
EF	: 残渣のすき込みの $N_2O$ 排出係数 [kg- $N_2O$ -N/kg-N]
A	: 土壌にすき込まれる残渣由来の窒素量[kg-N]

##### ■ 排出係数

0.01[kg- $N_2O$ -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 5-54～表 5-55 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 5-56 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。

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

$$Areaburnt(T) = Area(T) \times Frac_{burnt(T)}$$

- A : 土壌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<sub>Renew(T)</sub> : 作物Tの更新割合 [%]
- AG<sub>DM(T)</sub> : 作物Tの地上部残渣の乾物重量 [Mg/ha]
- N<sub>AG(T)</sub> : 作物Tの地上部残渣の窒素含有率 [%]
- Frac<sub>Remove(T)</sub> : 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<sub>BG-BIO(T)</sub> : 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<sub>BG(T)</sub> : 作物Tの地下部残渣の窒素含有率 [%]
- Frac<sub>burnt(T)</sub> : 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、生産量に対する乾物割合、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。生産量に対する地下部残渣割合（Frac<sub>BGR-P</sub>）は小川ら（1988）（参考文献 59）で示されている 27%を用いた。生産量に対する乾物割合（DRY）は 2006 年 IPCC ガイドラインで示されているデフォルト値の 0.89 を用いた。

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

- A<sub>Rice</sub> : 土壌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<sub>AG</sub> : 稲の地上部残渣の窒素含有率 [kg-N/kg]
- P : 米の生産量 [t]
- DRY : 生産物に対する乾物割合 [%]
- Frac<sub>BGR-P</sub> : 生産量に対する地下部残渣割合 [%]
- N<sub>BG</sub> : 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<sub>Tea</sub> : 土壌にすき込まれた窒素量 [kg-N]（茶）
- A<sub>AP</sub> : 秋整枝による残渣量 [kg-N/10a]
- A<sub>LF</sub> : 落葉による残渣量 [kg-N/10a]

A<sub>MP</sub> : 中切りによる残渣量 [kg-N/10a]

Area : 茶作付面積 [ha]

表 5-53 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部 (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、種類が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<sub>Vegetable</sub> : 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<sub>Remove</sub> : 作物Tの持ち出し割合 [%]

Frac<sub>burnt</sub> : 作物Tの焼却割合 (面積) [%]

CF : 燃焼係数

N<sub>R</sub> : 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 5-54 主な作物の地上部残渣の持ち出し割合 (Frac<sub>Remove</sub>)、残渣の焼却割合 (Frac<sub>burnt</sub>)、燃焼係数 (CF)、地上部バイオマスに対する地下部残渣の割合 (R<sub>BG-BIO</sub>)

作物	地上部残渣の持ち出し割合 (Frac <sub>Remove</sub> )	残渣の焼却割合 (Frac <sub>burnt</sub> )	燃焼係数 (CF)	地下部残渣割合 (R <sub>BG-BIO</sub> )
野菜類	47%	7%	0.80*4	-
てんさい	47% *1	7% *1	0.80*4	-
さとうきび	47% *1	7% *1	0.80*4	-
飼肥料作物 (緑肥用)	0% *2	0% *2	-	牧草: 0.80
飼肥料作物 (飼料用)	100% *3	0% *3	-	ソルガム: 0.24 *9
麦類 (小麦、大麦、ライ麦、オート麦)	下記表 5-56	下記表 5-56	0.90 *5	小麦: 0.24 大麦: 0.22 ライ麦: 0.25 *10 オート麦: 0.25
豆類	13%	12%	0.80*4	0.19 *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 *4	とうもろこし: 0.22 いも類: 0.20 *7 その他作物: 0.22 *8

(出典) 麦類以外のFrac<sub>Remove</sub>、Frac<sub>burnt</sub>: 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、R<sub>BG-BIO</sub>: 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: 大豆の値、\*7: ばれいしよの値、\*8: 穀物類で代用、\*9: とうもろこしとオート麦の平均値、\*10: オート麦の値で代用

表 5-55 主な作物の地上部残渣の窒素含有率 (N<sub>AG</sub>)、地下部残渣の窒素含有率 (N<sub>BG</sub>)

作物	地上部残渣の窒素含有率 (N <sub>AG</sub> )	地下部残渣の窒素含有率 (N <sub>BG</sub> )	備考
稲 (地上部)	稲わら : 0.541% <sup>e</sup> もみ殻 : 0.423% <sup>e</sup>	-	現物重比
稲 (地下部)	-	0.9% <sup>z*3</sup>	乾物重比
野菜類	だいこん : 0.093% <sup>b,d</sup> はくさい : 0.071% <sup>d</sup> キャベツ : 0.183% <sup>a</sup> レタス : 0.164% <sup>d</sup> たまねぎ : 0.019% <sup>b,d</sup>		現物重比
てんさい		0.095% <sup>b,d</sup>	
さとうきび		0.548% <sup>c</sup>	
飼肥料作物	牧草 : 1.5% <sup>z</sup> ソルガム : 0.7% <sup>z</sup>	牧草 : 1.2% <sup>z</sup> ソルガム : 0.6% <sup>z</sup>	
小麦	0.43% <sup>a</sup>	0.9% <sup>z</sup>	
大麦	二条大麦 : 2.14% <sup>a</sup> 六条大麦 : 0.31% <sup>a</sup>	1.4% <sup>z</sup>	乾物重比
ライ麦	0.50% <sup>z</sup>	1.1% <sup>z</sup>	
オート麦	0.70% <sup>z</sup>	0.8% <sup>z</sup>	
とうもろこし	1.64% <sup>a</sup>	0.7% <sup>z</sup>	
大豆	0.65% <sup>a</sup>	0.8% <sup>z</sup>	
小豆	0.84% <sup>a</sup>	1.0% <sup>z*1</sup>	
ばれいしよ	2.42% <sup>a</sup>	1.4% <sup>z*2</sup>	

(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)
- z: 2006年 IPCC ガイドライン
- \*1: Dry bean で代用
- \*2: ばれいしよの値で代用
- \*3: 小麦の値で代用

表 5-56 麦類の残渣持ち出し割合、焼却割合 [%]

項目	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
残渣の持ち出し割合	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1	34.0	35.9	37.8	39.8	40.2	41.0	41.0
焼却割合	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	12.5	11.6	10.6	9.5	9.2	8.8	8.3

※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

2013年度の稲わらともみ殻のすき込み量の更新により、2013年度の排出量が更新された。再計算の影響の程度については10章参照。

#### f) 今後の改善計画及び課題

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している。

### 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 N<sub>2</sub>O 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N<sub>2</sub>O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N<sub>2</sub>O排出量（農地のバックグラウンドからのN<sub>2</sub>O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N <sub>2</sub> O排出量 [kg-N <sub>2</sub> O]
EF	: 鈹質土壌 1haあたりの無機化された窒素由来のN <sub>2</sub> O排出量[kg-N <sub>2</sub> O-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N<sub>2</sub>O排出係数である 0.65 kgN<sub>2</sub>O-N/haをベースとし、農地への大気沈降と作物残さから発生するN<sub>2</sub>O排出量を控除した。

国内の研究事例をもとに農地に沈降するNH<sub>3</sub>+NO<sub>x</sub> は 10kgN/haと判断した。さらに、作物残渣による面積当たりの窒素のすき込み量は上記「5.5.1.4. 作物残渣 (3.D.a.4.)」の値から 32kgN/haを用いた。その農地への大気沈降と作物残渣のすき込み量から発生する面積当たりのN<sub>2</sub>O排出量 0.10kgN<sub>2</sub>O-N/ha+0.32 kgN<sub>2</sub>O-N/ha（排出係数は大気沈降の1%および作物残渣の1%）をダブルカウント分として控除した。補正後の排出係数である 0.23 (=0.65 -0.10 -0.32) kgN<sub>2</sub>O-N/haを用いた。

### ■ 活動量

鉍質土壌の面積は、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ことにより設定する。有機質土壌および鉍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、鉍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 5-57 有機質土壌と鉍質土壌の割合

種別		～1991	1992	1997	2001	2002～
水田	有機質土壌	5.85%	<b>5.85%</b>	6.02%	<b>6.15%</b>	6.15%
	鉍質土壌	94.15%	<b>94.15%</b>	93.98%	<b>93.85%</b>	93.85%
畑地	有機質土壌	1.94%	<b>1.94%</b>	2.01%	<b>2.07%</b>	2.07%
	鉍質土壌	98.06%	<b>98.06%</b>	97.99%	<b>97.93%</b>	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 5-58 有機質土壌と鉍質土壌の面積 [kha]

項目	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
水田-有機質土壌面積	163	162	161	156	156	155	154	154	154	151	151	151	151
水田-鉍質土壌面積	2,683	2,583	2,480	2,399	2,387	2,375	2,361	2,352	2,342	2,323	2,318	2,314	2,306
畑地-有機質土壌面積	25	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
畑地-鉍質土壌面積	1,250	1,201	1,164	1,149	1,149	1,148	1,147	1,145	1,145	1,141	1,140	1,137	1,132

### 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

排出係数を更新したことにより、全年度の排出量が更新された。再計算の影響の程度については10章参照。

### f) 今後の改善計画及び課題

Akiyama et al. (2006) の排出係数におけるN<sub>2</sub>O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N<sub>2</sub>O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N <sub>2</sub> O排出量 [kg-N <sub>2</sub> O]
EF	: 有機質土壌の耕起の際のN <sub>2</sub> O排出係数[kg-N <sub>2</sub> O-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N<sub>2</sub>O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N<sub>2</sub>O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-N<sub>2</sub>O-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-N<sub>2</sub>O-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-N<sub>2</sub>O-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 5-58 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

特になし。

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化学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N<sub>2</sub>Oが発生する。

農用地土壌へ施用された化学肥料、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N<sub>2</sub>O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

ここでは化学肥料、有機質肥料、放牧家畜のふん尿からNH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>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N<sub>2</sub>O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、N<sub>2</sub>O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<sub>2</sub>O排出量 [kg N<sub>2</sub>O]
- EF : 大気沈降によるN<sub>2</sub>O排出量に関する排出係数 [kg-N<sub>2</sub>O-N/ kg-NH<sub>3</sub>-N+NO<sub>x</sub>-N volatilized]
- A : 化学肥料、有機質肥料、放牧家畜のふん尿からNH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮散した窒素量 [kg-NH<sub>3</sub>-N+NO<sub>x</sub>-N]

■ 排出係数

0.01 [kg-N<sub>2</sub>O-N/kg-NH<sub>3</sub>-N+NO<sub>x</sub>-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NH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>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NH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>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 : 化学肥料、有機質肥料、放牧家畜のふん尿からNH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮散した窒素量 [kg-NH<sub>3</sub>-N+NO<sub>x</sub>-N]
- N<sub>FERT</sub> : 無機質窒素肥料需要量 [kg-N]
- Frac<sub>GASF</sub> : 無機質窒素肥料からNH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮発する割合 [kg-NH<sub>3</sub>-N + NO<sub>x</sub>-N/kg-N]
- N<sub>ON</sub> : 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<sub>GASM3</sub> : 農用地に施用された有機質肥料中の窒素のうちNH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮発する割合

[kg-NH<sub>3</sub>-N + NO<sub>x</sub>-N/kg-N]

N<sub>PRP</sub> : 放牧家畜の排せつ物に含まれる窒素量 [kg-N]

Frac<sub>GASM4</sub> : 家畜排せつ物の処理の際に家畜排せつ物からNH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮発する割合 [kg-NH<sub>3</sub>-N + NO<sub>x</sub>-N/kg-N]

- 農用地土壌に施用された無機質窒素肥料からNH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮発した窒素量 (N<sub>FERT</sub> × Frac<sub>GASF</sub>)

窒素施用量 (N<sub>FERT</sub>) は無機質窒素肥料 (3.D.a.1.) で算出した「化学肥料施用量 (農地)」の値 (表 5-42) を用い、揮散割合 (Frac<sub>GASF</sub>) は下記の表 5-59 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 5-59 化学肥料及び有機質肥料中の窒素からNH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮発する割合

	値	単位
Frac <sub>GASF</sub>	0.10	kg-NH <sub>3</sub> -N + NO <sub>x</sub> -N/kg of synthetic fertilizer nitrogen applied
Frac <sub>GASM</sub>	0.20	kg-NH <sub>3</sub> -N + NO <sub>x</sub> -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NH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮発した窒素量 (N<sub>ON</sub> × Frac<sub>GASM3</sub>)

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<sub>ON</sub>) は有機質窒素肥料 4.D.a.2. で記述した値を用いた。NH<sub>3</sub>+NO<sub>x</sub>揮散割合 (Frac<sub>GASM3</sub>) は上記の表 5-59 に示した 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値 (Frac<sub>GASM</sub>=0.20) を用いた。

- 放牧家畜の排せつ物からNH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮発した窒素量 (N<sub>PRP</sub> × Frac<sub>GASM4</sub>)

放牧家畜の排せつ物に含まれる窒素量 (N<sub>PRP</sub>) は、3.Bで計算された値を用いた。NH<sub>3</sub>+NO<sub>x</sub>揮散割合 (Frac<sub>GASM4</sub>) については、上記の表 5-59 に示した 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値 (Frac<sub>GASM</sub>=0.20) を用いた。

表 5-60 化学肥料、有機質肥料、放牧家畜のふん尿からNH<sub>3</sub>やNO<sub>x</sub>として揮発した窒素量 [t (NH<sub>3</sub>-N+NO<sub>x</sub>-N)]

項目	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
化学肥料由来 (N <sub>FERT</sub> ×Frac <sub>GASF</sub> )	61,167	52,727	48,718	47,097	45,354	47,882	35,990	34,997	40,940	38,702	39,660	40,973	40,973
有機質肥料由来 (N <sub>ON</sub> ×Frac <sub>GASM3</sub> )	110,879	106,979	101,945	93,587	96,725	104,997	98,020	91,446	96,979	98,679	95,794	96,045	95,032
放牧家畜由来 (N <sub>PRP</sub> ×Frac <sub>GASM4</sub> )	2,829	2,766	2,539	2,374	2,347	2,348	2,334	2,360	2,318	2,299	2,260	2,218	2,192
合計 (NH <sub>3</sub> +NO <sub>x</sub> として揮散した窒素量) (A)	174,875	162,471	153,202	143,058	144,425	155,227	136,344	128,803	140,237	139,681	137,714	139,236	138,197

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

無機質窒素肥料、有機質肥料、放牧家畜のふん尿のそれぞれの窒素量が更新されたことにより、全年度の排出量が変更された。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

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、検討している。

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N<sub>2</sub>O排出の算定を行う。

b) 方法論

■ 算定方法

N<sub>2</sub>O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N<sub>2</sub>O排出量 [kg N<sub>2</sub>O]
- EF : 窒素の溶脱及び流出に伴う排出係数[kg-N<sub>2</sub>O-N/kg-N]
- A : 化学肥料、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-N<sub>2</sub>O-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<sub>FERT</sub> : 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<sub>ON</sub> : 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<sub>PRP</sub> : 放牧家畜の排せつ物に含まれる窒素量 [kg-N]
- N<sub>CR</sub> : 作物残さのすき込みによる窒素投入量[kg-N]
- N<sub>SOM</sub> : 鉱質土壌の炭素消失時に無機化された窒素量 [kg-N]
- Frac<sub>LEACH</sub> : 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 5-61 化学肥料、有機質肥料などから溶脱・流出した窒素量 [t (NH<sub>3</sub>-N+NO<sub>x</sub>-N)]

項目	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
化学肥料由来 (N <sub>FERT</sub> ×Frac <sub>LEACH</sub> )	183,500	158,181	146,153	141,291	136,061	143,645	107,970	104,991	122,819	116,106	118,979	122,918	122,918
有機質肥料由来 (N <sub>ON</sub> ×Frac <sub>LEACH</sub> )	166,319	160,468	152,918	140,381	145,087	157,496	147,031	137,168	145,468	148,019	143,691	144,068	142,548
放牧家畜由来 (N <sub>PRP</sub> ×Frac <sub>LEACH</sub> )	4,243	4,149	3,809	3,560	3,520	3,522	3,500	3,540	3,477	3,449	3,390	3,328	3,288
作物残さのすきこみ由来 (N <sub>CR</sub> ×Frac <sub>LEACH</sub> )	45,299	44,717	47,719	43,955	41,848	42,163	41,525	38,834	37,750	37,521	38,290	38,276	38,469
無機化された窒素由来 (N <sub>SOM</sub> ×Frac <sub>LEACH</sub> )	71,537	69,174	67,024	65,428	65,240	65,043	64,820	64,648	64,497	64,045	63,949	63,830	63,608
合計(溶脱流出した窒素量)(A)	470,899	436,689	417,623	394,615	391,756	411,870	364,846	349,183	374,012	369,140	368,299	372,419	370,830

## 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%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

無機質窒素肥料、有機質肥料、放牧家畜のふん尿、作物残渣のすきこみ、無機化された窒素のそれぞれの窒素量が更新されたことにより、全年度の排出量が変更された。再計算の影響の程度については10章参照。

## f) 今後の改善計画及び課題

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、検討している。

## 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、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oが大気中に放出される。ここでは、これらのCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O排出に関する算定、報告を行なう。

2014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CH<sub>4</sub>が72kt-CO<sub>2</sub>換算、N<sub>2</sub>Oが22kt-CO<sub>2</sub>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43.5%、43.5%の減少となっている。

表 5-62 野外で農作物の残留物を焼くことによるCH<sub>4</sub>及びN<sub>2</sub>O排出量

ガス	区分	単位	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
CH <sub>4</sub>	3.F.1. 穀物	小麦	kt-CH <sub>4</sub>	0.38	0.22	0.27	0.31	0.32	0.31	0.28	0.26	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19
		大麦	kt-CH <sub>4</sub>	0.15	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05
		とうもろこし	kt-CH <sub>4</sub>	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 <sub>4</sub>	1.96	2.05	1.38	1.03	0.94	0.87	0.76	0.71	0.70	0.70	0.66	0.75	0.75
		その他穀物類	kt-CH <sub>4</sub>	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 <sub>4</sub>	0.47	0.22	0.40	0.43	0.46	0.45	0.48	0.47	0.45	0.44	0.42	0.42	0.43
		その他豆類	kt-CH <sub>4</sub>	0.35	0.27	0.22	0.19	0.16	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.16	0.16
	3.F.3. 根菜類	ばれいしょ	kt-CH <sub>4</sub>	0.23	0.20	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15
		てんさい その他根菜類(野菜類除く)	kt-CH <sub>4</sub>	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11
	3.F.3. さとうきび		kt-CH <sub>4</sub>	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
	3.F.5. その他	野菜類	kt-CH <sub>4</sub>	0.95	0.87	0.81	0.74	0.73	0.72	0.72	0.72	0.72	0.71	0.71	0.70	0.69
		その他作物	kt-CH <sub>4</sub>	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
		合計	kt-CH <sub>4</sub>	5.1	4.4	3.8	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9
			kt-CO <sub>2</sub> 換算	127	111	96	86	83	81	78	76	74	73	71	72	72
	N <sub>2</sub> O	3.F.1. 穀物	小麦	kt-N <sub>2</sub> O	0.010	0.006	0.007	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005
大麦			kt-N <sub>2</sub> O	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001
とうもろこし			kt-N <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> O	0.051	0.053	0.036	0.027	0.024	0.023	0.020	0.018	0.018	0.018	0.017	0.019	0.019
その他穀物類			kt-N <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> O	0.012	0.006	0.010	0.011	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.011	0.011	0.011	0.011
		その他豆類	kt-N <sub>2</sub> O	0.009	0.007	0.006	0.005	0.004	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 <sub>2</sub> 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 その他根菜類(野菜類除く)	kt-N <sub>2</sub> 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
3.F.3. さとうきび			kt-N <sub>2</sub> 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. その他		野菜類	kt-N <sub>2</sub> O	0.025	0.023	0.021	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	0.018	0.018
		その他作物	kt-N <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> O	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07
			kt-CO <sub>2</sub> 換算	39	34	30	26	26	25	24	23	23	22	22	22	22
全ガス合計			kt-CO <sub>2</sub> 換算	166	145	126	112	109	106	102	99	96	95	93	94	94

b) 方法論

■ 算定方法

CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O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 [tCH<sub>4</sub> or tN<sub>2</sub>O]
- A : 野焼き対象の面積 [ha]
- M<sub>B</sub> : 単位面積当たり燃焼重量[t/ha]
- C<sub>f</sub> : 燃焼係数
- G<sub>ef</sub> : 排出係数 [gCH<sub>4</sub>/kg or gN<sub>2</sub>O/kg]

### ■ 排出係数

CH<sub>4</sub>: 2.7 g-CH<sub>4</sub>/kg (乾物) (2006年IPCCガイドラインデフォルト値)

N<sub>2</sub>O: 0.07 g-N<sub>2</sub>O/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 5-63 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<sub>B</sub>) 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 5-56 で示したものをを用いている。

表 5-63 残さの焼却割合、単位当たり燃焼重量×燃焼係数 (M<sub>B</sub>×C<sub>f</sub>)、稲の燃焼係数

作物	残渣の焼却割合	M <sub>B</sub> ×C <sub>f</sub>	燃焼係数(C <sub>f</sub> )
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 5-56 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<sub>B</sub>×C<sub>f</sub>：2006年IPCCガイドライン

\*1: 豆類の値、\*2:野菜の値、\*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 5-64)。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 5-64 焼却処理される稲わら及びもみがら量 [kt]

項目	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
稲わら	438.2	536.9	429.1	276.6	240.8	203.6	183.9	163.5	149.3	187.0	149.4	183.4	183.4
もみがら	581.3	528.3	291.3	260.3	246.4	249.9	209.9	206.0	212.9	179.2	195.6	206.6	206.6
計	1,019.5	1,065.2	720.4	536.9	487.2	453.5	393.8	369.4	362.2	366.2	345.0	390.0	390.0

(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<sub>4</sub> : 296%、N<sub>2</sub>O : 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<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O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

焼却処理される稲わら及びもみがら量の更新により、2013年度の稲の排出量に変更された。再計算の影響の程度については10章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

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CO<sub>2</sub>排出量を取り扱う。2014年度における当該カテゴリーからのCO<sub>2</sub>排出量は380 kt-CO<sub>2</sub>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31.0%の減少となっている。

表 5-65 石灰施用に伴うCO<sub>2</sub>排出量

ガス	区分	単位	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
CO <sub>2</sub>	3.G.-石灰石	kt-CO <sub>2</sub>	550	303	332	231	230	324	304	270	242	246	369	379	379
	3.G.-ドロマイト	kt-CO <sub>2</sub>	0.3	0.5	0.5	0.6	0.4	0.7	1.7	0.6	1.0	1.1	0.6	1.1	1.1
	合計	kt-CO <sub>2</sub>	550	304	333	231	230	325	306	270	243	247	370	380	380

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CO<sub>2</sub>排出量 [t-CO<sub>2</sub>/yr]
- M<sub>Limestone</sub> : 石灰の施用量 [t/yr]
- EF<sub>Limestone</sub> : 石灰の排出係数 [t-C/t]
- M<sub>Dolomite</sub> : ドロマイトの施用量 [t/yr]
- EF<sub>Dolomite</sub> : ドロマイトの排出係数 [t-C/t]

■ 各種パラメータ

○ 単位石灰 [CaCO<sub>3</sub>] 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(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] 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 5-66 石灰とドロマイトの施用量 [kt]

項目	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
石灰石施用量	1,250	689	755	524	523	737	691	613	550	558	839	860	860
ドロマイト施用量	0.7	1.1	1.1	1.4	0.8	1.5	3.5	1.2	2.0	2.4	1.3	2.2	2.2

(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

2013年度の活動量の更新により、2013年度の排出量が変更された。再計算の影響の程度については10章参照。

### f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 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 ( $\text{HCO}_3^-$ ) が遊離され、さらに  $\text{CO}_2$  となり大気中に放出される。ここでは、この  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  排出量の算定を行う。

2014年度における当該カテゴリーからの  $\text{CO}_2$  排出量は 198 kt- $\text{CO}_2$  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 238% の増加となっている。

表 5-67 尿素肥料に伴う  $\text{CO}_2$  排出量

ガス	区分	単位	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
$\text{CO}_2$	3.H.尿素肥料	kt- $\text{CO}_2$	59	56	110	179	153	175	134	120	160	168	150	198	198

## 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<sub>2</sub>排出量 [t-CO<sub>2</sub>/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 5-68 尿素肥料輸入量 [kt]

項目	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
尿素肥料輸入量	80	76	149	244	209	239	183	164	218	229	205	270	270

(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

2011~2013年度の活動量の更新により、2011~2013年度の排出量が変更された。再計算の影響の程度については10章参照。

## f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 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え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  $N_2O$  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-CO<sub>2</sub> Greenhouse Gases (NCGG-4)", Proceedings of the Fourth International Symposium NCGG-4, 105-111 (2005)
33. Akiyama, H., Yagi, K., and Yan, X., "Direct N<sub>2</sub>O emissions and estimate of N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O 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、萩野暁史、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」日本土壌肥料学会誌 (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-」、土壌の物理性 (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)
65. Akinori Mori and Masayuki Hojito, "Methane and nitrous oxide emissions due to excreta returns from grazing cattle in Nasu, Japan", *Grassland Science* 61(2), 109-120. (2015)
66. Akiyama, H., Yan, X., and Yagi, K., "Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for  $N_2O$  and  $NO$  emissions from agricultural soils: meta-analysis", *Global Change Biology*, 16(6), 1837-1846. (2010)
67. Nobuko Katayanagi, Tamon Fumoto, Michiko Hayano, Yusuke Takata, Tsuneo Kuwagata, Yasuhito Shirato, Shinji Sawano, Masako Kajiura, Shigeto Sudo, Yasushi Ishigooka, Kazuyuki Yagi, "Development of a method for estimating total  $CH_4$  emission from rice paddies in Japan using the DNDC-Rice model", *Science of the Total Environment*, 547, 429-440 (2016)
68. 農林水産省「家畜の飼養に係る衛生管理の状況等」