

## 第6章 農業分野

### 6.1. 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、4A、4B、4C、4D、4Fの5つのカテゴリーにおいて算定を行なう。「4A：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。「4B：家畜排せつ物の管理」では牛、水牛、めん羊、山羊、馬、豚、家禽類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。「4C：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、間欠灌漑水田）からのCH<sub>4</sub>の排出について報告を行う。「4D：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。「4E：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。「4F：農業廃棄物の野焼き」では農業活動に伴い穀物、豆類、根菜類、さとうきびを焼却した際の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が発生する。COは別添3参照）。

1996年改訂IPCCガイドラインによると、農業分野では3年平均の排出量を報告することとされている。日本のインベントリにおいては、当該年前後の年のデータを用いて、3年平均の排出量を報告した。

2011年度における当該分野からの温室効果ガス排出量は25,402 Gg-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1.9%を占めている。また、1990年度の排出量と比較すると18.3%の減少となっている。

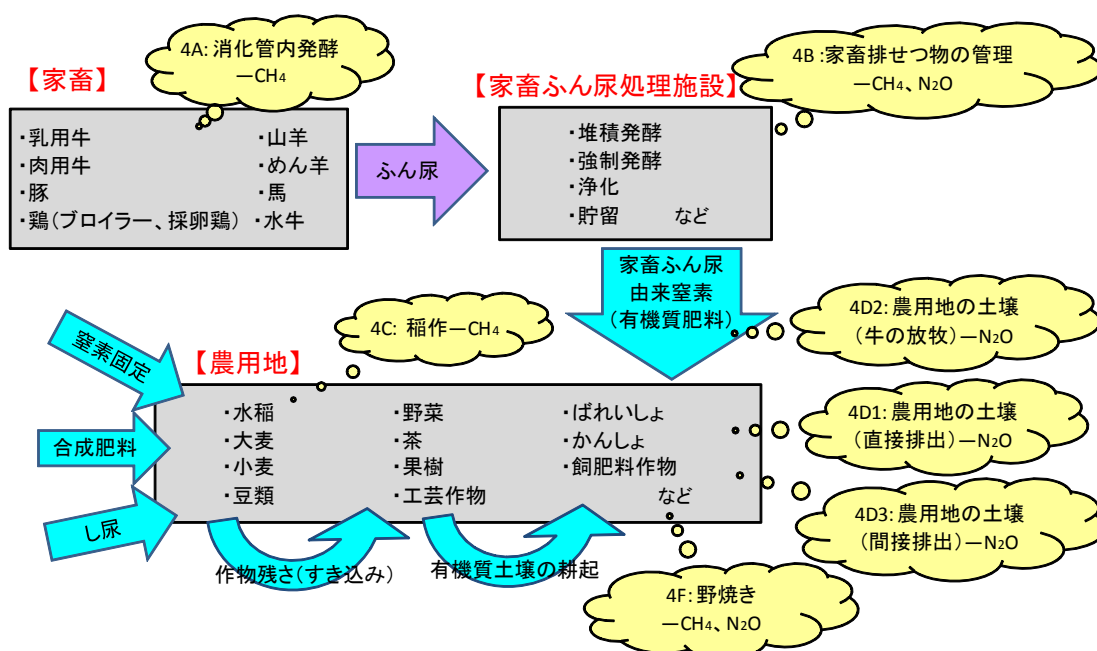


図 6-1 我が国の農業分野におけるカテゴリー間関係

### 6.2. 消化管内発酵 (4.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（4.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。

2011年度におけるこのカテゴリーからの温室効果ガス排出量は6,568 Gg-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14.4%の減少となっている。

表 6-1 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	2008	2009	2010	2011
CH <sub>4</sub>	4.A.1.- 乳用牛	Gg-CH <sub>4</sub>	192.6	184.4	172.8	162.9	154.7	151.7	149.9	148.7
	4.A.1.- 肉用牛	Gg-CH <sub>4</sub>	158.2	164.6	165.5	158.2	162.1	158.5	154.8	151.8
	4.A.2. 水牛	Gg-CH <sub>4</sub>	0.012	0.007	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
	4.A.3. めん羊	Gg-CH <sub>4</sub>	0.09	0.06	0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.06
	4.A.4. 山羊	Gg-CH <sub>4</sub>	0.11	0.08	0.09	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06
	4.A.6. 馬	Gg-CH <sub>4</sub>	2.1	2.1	1.9	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5
	4.A.8. 豚	Gg-CH <sub>4</sub>	12.5	11.0	10.7	10.6	10.8	10.8	10.7	10.7
	合計	Gg-CH <sub>4</sub>	365.6	362.2	351.0	333.4	329.2	322.5	317.0	312.8
	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	7,677	7,606	7,370	7,002	6,913	6,773	6,658	6,568	

6.2.1. 牛（4.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

GPG（2000）のデシジョンツリー（Page 4.24, Fig.4.2）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。

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6-2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 6-2 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
		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。			

表 6-2 牛の消化管内発酵に伴う CH<sub>4</sub> 排出の算定区分 (つづき)

家畜種		排出量算定の前提条件等		区分の補足情報	
肉用牛	繁殖雌牛	1歳以上	—	繁殖を目的とした雌牛 (乳用牛を除く)	
		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。		
	肥育牛	和牛	1歳以上	—	日本在来種であり、食肉専用種
			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。	
		乳用種	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)
			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 30））。

牛の消化管内発酵 CH<sub>4</sub> 排出係数 (kgCH<sub>4</sub>/頭)

$$= (1 \text{ 頭あたり 1 日の CH}_4 \text{ 発生量}) / (\text{CH}_4 \text{ 1mol 体積}) \times (\text{CH}_4 \text{ 分子量}) \times (\text{年間日数}) \\ = Y / 22.4 \text{ (l/mol)} \times 0.016 \text{ (kg/mol)} \times 365 \text{ or } 366 \text{ (日)}$$

1 頭あたり 1 日あたりの CH<sub>4</sub> 発生量 (=Y) (l/日/頭)

$$= -17.766 + 42.793 \text{ DMI} - 0.849 \text{ (DMI)}^2$$

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 6-3 牛の乾物摂取量 (DMI) の算定式

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

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 25)

表 6-4 牛の乳量 (MILK) 及び乳脂肪率 (FAT)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
乳量(搾乳牛)	kg/頭/日	24.9	26.8	28.1	30.1	30.5	30.8	30.6	30.6	30.6
乳脂肪率(搾乳牛)	%	3.7	3.8	3.9	4.0	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9

表 6-5 牛の体重 (W)

家畜種		単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012	
乳用牛	搾乳牛	kg/頭	595.9	602.8	621.4	622.7	623.0	623.0	623.0	623.0	623.0	
	乾乳牛	kg/頭	595.9	602.8	621.4	622.7	623.0	623.0	623.0	623.0	623.0	
	育成牛(2歳未満、7ヶ月以上)	kg/頭	342.4	349.3	364.9	374.2	376.1	376.1	376.1	376.1	376.1	
	育成牛(月齢5、6ヶ月)	kg/頭	140.0	140.6	146.3	162.8	166.1	166.1	166.1	166.1	166.1	
肉用牛	繁殖雌牛	1歳以上	kg/頭	426.6	426.6	487.3	450.9	429.1	429.1	429.1	429.1	429.1
		1歳未満、7ヶ月以上	kg/頭	230.2	230.2	279.7	259.3	247.0	247.0	247.0	247.0	247.0
		月齢5、6ヶ月	kg/頭	141.0	141.0	157.1	146.8	140.7	140.7	140.7	140.7	140.7
	肥育牛	和牛・雄(1歳以上)	kg/頭	574.3	574.3	574.3	572.3	571.0	571.0	571.0	571.0	571.0
		和牛・雄(1歳未満、7ヶ月以上)	kg/頭	273.4	273.4	273.4	274.6	275.4	275.4	275.4	275.4	275.4
		和牛・雄(月齢5、6ヶ月)	kg/頭	146.7	146.7	146.7	147.9	148.6	148.6	148.6	148.6	148.6
		和牛・雌(1歳以上)	kg/頭	388.0	388.0	462.5	427.7	406.8	406.8	406.8	406.8	406.8
		和牛・雌(1歳未満、7ヶ月以上)	kg/頭	230.2	230.2	279.7	259.3	247.0	247.0	247.0	247.0	247.0
		和牛・雌(月齢5、6ヶ月)	kg/頭	141.0	141.0	157.1	146.8	140.7	140.7	140.7	140.7	140.7
		乳用種(月齢7ヶ月以上)	kg/頭	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)	kg/頭	194.8	194.8	194.8	194.8	194.8	194.8	194.8	194.8	194.8		

表 6-6 牛の体重増加 (DG)

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

表 6-7 牛の乾物摂取量 (DMI)

家畜種		単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
乳用牛	搾乳牛	kg/頭/日	18.2	19.2	20.0	20.9	21.0	21.0	20.9	20.9	20.9
	乾乳牛	kg/頭/日	8.2	8.3	8.5	8.5	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	育成牛 (2歳未満、7ヶ月以上)	kg/頭/日	7.1	7.2	7.5	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
	育成牛 (月齢5、6ヶ月)	kg/頭/日	3.6	3.6	3.8	4.2	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
肉用牛	繁殖雌牛	1歳以上	kg/頭/日	6.6	6.6	7.1	6.6	6.3	6.3	6.3	6.3
		1歳未満、7ヶ月以上	kg/頭/日	5.5	5.5	6.7	6.2	5.9	5.9	5.9	5.9
		月齢5、6ヶ月	kg/頭/日	3.8	3.8	4.4	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0
	肥育牛	和牛・雄 (1歳以上)	kg/頭/日	8.4	8.4	8.4	8.3	7.7	7.7	7.7	7.7
		和牛・雄 (1歳未満、7ヶ月以上)	kg/頭/日	6.8	6.8	6.8	6.8	7.2	7.2	7.2	7.2
		和牛・雄 (月齢5、6ヶ月)	kg/頭/日	4.3	4.3	4.3	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
		和牛・雌 (1歳以上)	kg/頭/日	5.7	5.7	6.4	6.0	5.7	5.7	5.7	5.7
		和牛・雌 (1歳未満、7ヶ月以上)	kg/頭/日	4.9	4.9	6.1	5.6	5.3	5.3	5.3	5.3
		和牛・雌 (月齢5、6ヶ月)	kg/頭/日	3.4	3.4	4.1	3.8	3.6	3.6	3.6	3.6
		乳用種 (月齢7ヶ月以上)	kg/頭/日	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)	kg/頭/日	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3		

表 6-8 牛の消化管内発酵に関する CH<sub>4</sub> 排出係数

家畜種		単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012	
乳用牛	搾乳牛	kgCH <sub>4</sub> /頭/年	125.0	128.3	130.0	131.9	132.0	132.1	131.8	132.2	131.9	
	乾乳牛	kgCH <sub>4</sub> /頭/年	72.0	72.7	74.0	74.1	88.7	88.7	88.7	88.9	88.7	
	育成牛 (2歳未満、7ヶ月以上)	kgCH <sub>4</sub> /頭/年	63.4	64.7	66.9	67.8	68.0	68.0	68.0	68.1	68.0	
	育成牛 (月齢5、6ヶ月)	kgCH <sub>4</sub> /頭/年	32.7	32.9	34.4	38.1	38.8	38.8	38.8	38.9	38.8	
肉用牛	繁殖雌牛	1歳以上	kgCH <sub>4</sub> /頭/年	59.0	59.2	63.1	59.3	57.0	57.0	57.0	57.1	57.0
		1歳未満、7ヶ月以上	kgCH <sub>4</sub> /頭/年	49.8	50.0	60.1	56.3	53.8	53.8	53.8	54.0	53.8
		月齢5、6ヶ月	kgCH <sub>4</sub> /頭/年	34.9	35.0	40.4	37.8	36.2	36.2	36.2	36.3	36.2
	肥育牛	和牛・雄 (1歳以上)	kgCH <sub>4</sub> /頭/年	73.2	73.4	73.2	72.8	68.5	68.5	68.5	68.7	68.5
		和牛・雄 (1歳未満、7ヶ月以上)	kgCH <sub>4</sub> /頭/年	61.1	61.3	61.1	61.2	64.5	64.5	64.5	64.7	64.5
		和牛・雄 (月齢5、6ヶ月)	kgCH <sub>4</sub> /頭/年	39.6	39.7	39.6	39.9	39.8	39.8	39.8	39.9	39.8
		和牛・雌 (1歳以上)	kgCH <sub>4</sub> /頭/年	51.8	51.9	58.1	54.2	51.9	51.9	51.9	52.0	51.9
		和牛・雌 (1歳未満、7ヶ月以上)	kgCH <sub>4</sub> /頭/年	44.3	44.5	55.3	51.2	48.7	48.7	48.7	48.8	48.7
		和牛・雌 (月齢5、6ヶ月)	kgCH <sub>4</sub> /頭/年	31.0	31.0	37.4	34.6	32.9	32.9	32.9	33.0	32.9
		乳用種 (月齢7ヶ月以上)	kgCH <sub>4</sub> /頭/年	75.6	75.8	75.6	75.6	75.6	75.6	75.6	75.8	75.6
乳用種 (月齢5、6ヶ月)	kgCH <sub>4</sub> /頭/年	48.0	48.1	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.1	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 6-9 牛の飼養頭数

家畜種		単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012	
乳用牛	搾乳牛	1000頭	1,082	1,035	971	900	848	830	805	813	813	
	乾乳牛	1000頭	332	299	249	231	207	200	195	200	200	
	育成牛 (2歳未満、7ヶ月以上)	1000頭	491	445	379	379	334	341	351	328	328	
	育成牛 (月齢5、6ヶ月)	1000頭	55	49	42	42	37	38	39	36	36	
	育成牛 (月齢5ヶ月未満)	1000頭	109	99	84	84	74	76	78	73	73	
<b>乳用牛合計</b>		<b>1000頭</b>	<b>2,068</b>	<b>1,927</b>	<b>1,725</b>	<b>1,636</b>	<b>1,500</b>	<b>1,484</b>	<b>1,467</b>	<b>1,449</b>	<b>1,449</b>	
肉用牛	繁殖雌牛	1歳以上	1000頭	679	646	612	594	650	651	636	614	614
		1歳未満、7ヶ月以上	1000頭	17	13	12	14	16	17	16	14	14
		月齢5、6ヶ月	1000頭	6	4	4	5	5	6	5	5	5
		月齢5ヶ月未満	1000頭	12	9	8	9	10	11	11	9	9
	肥育牛	和牛・雄 (1歳以上)	1000頭	368	412	385	374	414	425	409	405	405
		和牛・雄 (1歳未満、7ヶ月以上)	1000頭	125	133	114	119	130	132	127	123	123
		和牛・雄 (月齢5、6ヶ月)	1000頭	42	44	38	40	43	44	42	41	41
		和牛・雄 (月齢5ヶ月未満)	1000頭	83	89	76	80	87	88	85	82	82
		和牛・雌 (1歳以上)	1000頭	197	265	246	290	323	339	336	343	343
		和牛・雌 (1歳未満、7ヶ月以上)	1000頭	102	105	93	89	105	106	101	98	98
		和牛・雌 (月齢5、6ヶ月)	1000頭	34	35	31	30	35	35	34	33	33
		和牛・雌 (月齢5ヶ月未満)	1000頭	68	70	62	59	70	70	67	65	65
		乳用種 (月齢7ヶ月以上)	1000頭	805	808	845	789	775	726	671	669	669
		乳用種 (月齢5、6ヶ月)	1000頭	89	90	94	88	86	81	75	74	74
		乳用種 (月齢5ヶ月未満)	1000頭	179	180	188	175	172	161	149	149	149
<b>肉用牛合計</b>		<b>1000頭</b>	<b>2,805</b>	<b>2,901</b>	<b>2,805</b>	<b>2,755</b>	<b>2,922</b>	<b>2,892</b>	<b>2,763</b>	<b>2,723</b>	<b>2,723</b>	

## c) 不確実性と時系列の一貫性

## ■ 不確実性

表 6-2 の分類 (乳用牛は 4 分類、肉用牛は 11 分類) で不確実性の評価を行った。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。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、別添 7 のデシジョンツリーに従い不確実性を 5% と決定する。その結果、排出量の不確実性は乳用牛で 15%、肉用牛で 19% と評価された。なお、不確実性の評価手法の概要については別添 7 に記載している。

## ■ 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、1989 年度から一貫した方法を使用している。

## d) QA/QC と検証

GPG (2000) に従った方法で、Tier 1 QC 活動を実施している。Tier 1 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 活動の詳細については、別添 6.1 に詳述している。

なお、我が国の算定方法と IPCC Tier 2 手法による排出量算定結果との比較を行った。その結果、乳用牛については  $\text{CH}_4$  変換率 ( $Y_m$ ) の誤差範囲を踏まえると ( $Y_m=0.60\pm 0.05$ )、我が国の算定方法による排出量は IPCC Tier 2 手法で算出した排出量を取りうる範囲内にあった。したがって、わが国の方法と IPCC Tier 2 法による排出量に大きな差異はないと考えられる。一方で肉用牛については、我が国の算定方法による排出量が IPCC Tier 2 法よりも 10% 程度大きいことが確認された。今後、差異の要因について分析していく予定である。

## e) 再計算

乳用牛に関して、搾乳量および乳脂肪率が更新されたため、2009～2010 年度の排出量が更新された。

また、農業分野では 3 年平均を使用しているため、2011 年度の活動量の修正・更新により、

2010年度の排出量が更新された。

#### 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。

### 6.2.2. 水牛、めん羊、山羊、馬、豚（4.A.2., 4.A.3., 4.A.4., 4.A.6., 4.A.8.）

#### 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、GPG（2000）に示されたデシジョンツリーに従い、Tier 1 法により算定を行った。

##### ■ 排出係数

めん羊、山羊の CH<sub>4</sub> 排出係数については、柴田ら(1993)で示された乾物摂取量と乾物摂取量から算定される CH<sub>4</sub> 排出量の式（p.6-3「牛の消化管内発酵 CH<sub>4</sub> 排出係数」の式参照）を用いて算出した。

日本においてめん羊は食肉用として飼われているものが多く、1996年改訂 IPCC ガイドラインおよび GPG（2000）で想定している羊毛生産のための羊よりも小型である。そのため、我が国のめん羊の排出係数は IPCC ガイドラインのデフォルト値よりも小さくなっていると考えられる。なお、山羊に関しては日本国内に研究結果は存在しないが、専門家判断によりめん羊と同程度の排出を行うとみなされたため、めん羊と同じ排出係数を使用している。

豚の CH<sub>4</sub> 排出係数については、日本国内の研究結果に基づく値を設定した。馬、水牛の CH<sub>4</sub> 排出係数については、1996年改訂 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値を用いた。

表 6-10 水牛、めん羊、山羊、豚、馬の消化管内発酵に関する CH<sub>4</sub> 排出係数

家畜種	乾物摂取量[kg/日/頭]	CH <sub>4</sub> 排出係数[kg/年/頭]
めん羊、山羊	0.8 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a,b</sup>
豚	—	1.1 <sup>c</sup>
馬	—	18.0 <sup>d</sup>
水牛	—	55.0 <sup>d</sup>

a：柴田正貴ら「反芻家畜におけるメタン発生量の推定」日本畜産学会報（1993）（参考文献 30）

b：乾物摂取量から算定される CH<sub>4</sub> 排出量の式（p.6-3「牛の消化管内発酵 CH<sub>4</sub> 排出係数」の式参照）を用いて算出

c：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 29）

d：1996年改訂 IPCC ガイドライン（参考文献 3）

##### ■ 活動量

めん羊及び山羊の活動量は（社）中央畜産会「家畜改良関係資料」に示されたそれぞれの飼養頭数を用いた。豚の活動量については、農林水産省「畜産統計」に示された、毎年2月

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

表 6-11 水牛、めん羊、山羊、豚、馬の飼養頭数

家畜種	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
めん羊	1000頭	21	14	12	9	12	14	14	14	14
山羊	1000頭	26	19	22	16	14	14	14	14	14
豚	1000頭	11,336	9,900	9,788	9,621	9,900	9,834	9,768	9,736	9,736
馬	1000頭	116	118	105	87	87	81	81	81	81
水牛	1000頭	0.21	0.12	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08

### 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。排出係数の不確実性の値は GPG (2000) 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 0.8%を採用し、豚以外の家畜の活動量の不確実性は、標本標準偏差が把握できず、専門家判断が不可能であり、基幹統計以外であることから、不確実性評価のデシジョンツリーに従い 100%とした。その結果、排出量の不確実性は豚が 50%、水牛、めん羊、山羊、馬が 112%と評価された。なお、不確実性の評価手法の概要については別添 7 に記載している。

#### ■ 時系列の一貫性

排出係数は 1990 年から 2011 年まで一定値を使用している。活動量については、めん羊及び山羊は「家畜改良関係資料」、豚は「畜産統計」、馬は「馬関係資料」、水牛は「沖縄県畜産統計」をそれぞれ 1989 年度値から一貫して使用している。

### d) QA/QC と検証

GPG (2000) に従った方法で、Tier 1 QC 活動を実施している。Tier 1 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 活動の詳細については、別添 6.1 に詳述している。

なお、我が国のめん羊の排出係数と 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

農業分野では 3 年平均を使用しているため、2008～2011 年度の活動量の修正・更新により、2007～2010 年度の排出量が変更された。

### f) 今後の改善計画及び課題

1996 年改訂 IPCC ガイドライン及び GPG (2000) のデフォルトの排出係数を使用している家畜については、我が国独自の排出係数を設定できるよう、検討を進めていく必要がある。

## 6.2.3. 家禽類 (4.A.9.)

家禽類の消化管内発酵により CH<sub>4</sub> 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、1996 年改訂 IPCC ガイドライン及び GPG (2000) 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。なお、採卵鶏、ブロイラー以外の子禽類については統計上把握されておらず、ほとんど飼養されていないと考えられる。



## 6.2.4. ラクダ・ラマ、ロバ・ラバ (4.A.5., 4.A.7.)

我が国では、農業用に飼養されているものは存在しないと考えられるため、「NO」として報告した。

## 6.2.5. その他 (4.A.10.)

日本において農業として営んでいる家畜は、牛、水牛、めん羊、山羊、馬、豚、家禽以外には存在しないため、「NO」として報告した。

## 6.3. 家畜排せつ物の管理 (4.B.)

家畜の排せつ物からは、排せつ物中に含まれる有機物がメタン発酵によって CH<sub>4</sub> に変換される、または排せつ物中に消化管内発酵由来の CH<sub>4</sub> が溶けていてそれが通気や攪拌により大気中へ放散されることにより CH<sub>4</sub> が発生する。また、家畜の排せつ物の管理過程において、主に微生物の作用による硝化・脱窒過程で N<sub>2</sub>O が発生する。

2011 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 2,127 Gg-CO<sub>2</sub> 換算、N<sub>2</sub>O が 5,410 Gg-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 0.2%、0.4% 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 27.7%、2.6% の減少となっている。

表 6-12 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	2008	2009	2010	2011
CH <sub>4</sub>	4.B.1.- 乳用牛	Gg-CH <sub>4</sub>	116.1	108.8	99.7	92.0	87.3	86.9	87.3	86.6
	4.B.1.- 肉用牛	Gg-CH <sub>4</sub>	4.5	4.6	4.5	4.4	5.1	5.4	5.8	5.7
	4.B.2. 水牛	Gg-CH <sub>4</sub>	0.0004	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
	4.B.3. めん羊	Gg-CH <sub>4</sub>	0.006	0.004	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004
	4.B.4. 山羊	Gg-CH <sub>4</sub>	0.005	0.003	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002
	4.B.6. 馬	Gg-CH <sub>4</sub>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	4.B.8. 豚	Gg-CH <sub>4</sub>	15.9	13.9	13.6	13.5	11.0	8.4	5.7	5.7
	4.B.9. 家禽類	Gg-CH <sub>4</sub>	3.5	3.2	3.0	2.9	3.0	3.1	3.2	3.2
	合計	Gg-CH <sub>4</sub>	140.2	130.8	121.0	113.0	106.6	104.0	102.1	101.3
	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	2,944	2,747	2,540	2,373	2,238	2,185	2,144	2,127	
N <sub>2</sub> O	4.B.1.- 乳用牛	Gg-N <sub>2</sub> O	2.8	2.6	2.4	2.2	2.4	2.7	3.1	3.0
	4.B.1.- 肉用牛	Gg-N <sub>2</sub> O	2.8	2.9	2.8	2.8	3.1	3.2	3.3	3.2
	4.B.2. 水牛	Gg-N <sub>2</sub> O	0.00012	0.00007	0.00005	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004
	4.B.3. めん羊	Gg-N <sub>2</sub> O	0.007	0.005	0.004	0.003	0.004	0.004	0.005	0.005
	4.B.4. 山羊	Gg-N <sub>2</sub> O	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	4.B.6. 馬	Gg-N <sub>2</sub> O	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	4.B.8. 豚	Gg-N <sub>2</sub> O	4.8	4.2	4.1	4.1	4.9	5.6	6.3	6.3
	4.B.9. 家禽類	Gg-N <sub>2</sub> O	7.4	6.8	6.4	6.2	5.8	5.3	4.9	4.8
	合計	Gg-N <sub>2</sub> O	17.9	16.7	15.8	15.4	16.3	16.9	17.6	17.5
	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	5,556	5,174	4,905	4,768	5,043	5,252	5,450	5,410	
全ガス合計	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	8,500	7,921	7,446	7,142	7,282	7,437	7,594	7,537	

6.3.1. 牛、豚、家禽類 (4.B.1., 4.B.8., 4.B.9.)

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、放牧牛の 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「4.D.2.牧草地・放牧場・小放牧地の排せつ物」で報告する。

b) 方法論

■ 算定方法

排せつ物の管理に伴う 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。

$$E = \sum (EF_n \times A_n)$$

$E$  : 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>)

$EF_n$  : 排せつ物管理区分  $n$  の排出係数 (g-CH<sub>4</sub>/g 有機物)

$A_n$  : 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。

$$E = \sum (EF_n \times A_n) \times 44 / 28$$

$E$  : 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)

$EF_n$  : 排せつ物管理区分  $n$  の排出係数 (g-N<sub>2</sub>O-N/gN)

$A_n$  : 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<sub>4</sub> 及び N<sub>2</sub>O の排出係数については、我が国における研究成果を踏まえ、図 6-2 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。

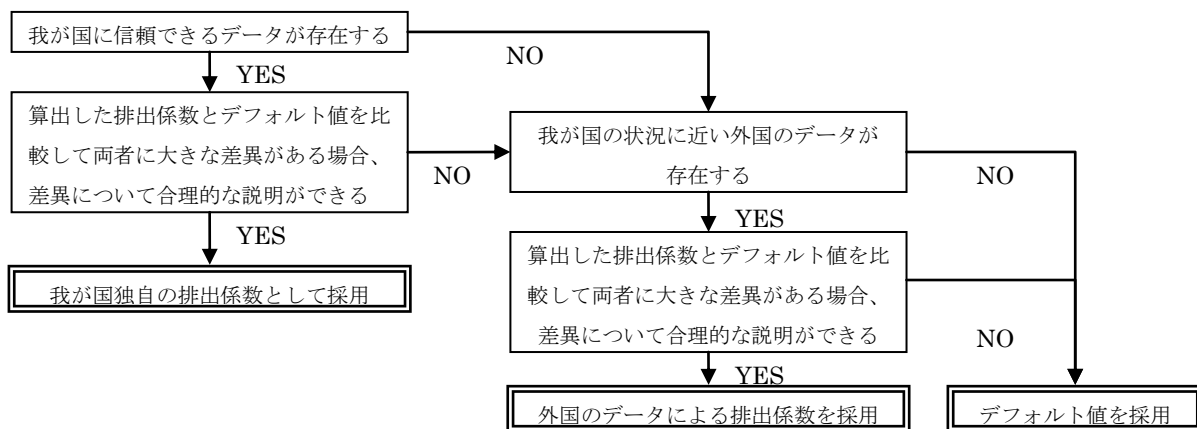


図 6-2 排出係数決定のためのデシジョンツリー

表 6-13 において、「D (デフォルト値)」と示されている CH<sub>4</sub> 排出係数は GPG(2000)および 1996 年改訂 IPCC ガイドラインに示された Asia, Temperate の Bo (最大 CH<sub>4</sub> 発生ポテンシャル)

およびMCF（メタン発生係数）を用いて、以下の式で示すように計算した。

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

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は、農林水産省の調査において、全国9地域別に算出されているため、地域別の飼養頭数で加重平均した排出係数を用いた（表6-15）。

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 6-13 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		
12. 貯留		表 6-15	J <sup>10</sup>	3.00 %	D <sup>1</sup>	8.7 %	D <sup>1</sup>	—		
13. 天日乾燥		0.20 %	J <sup>3</sup>	0.20 %	J <sup>3</sup>	0.20 %	J <sup>3</sup>	0.20 %	J <sup>3</sup>	
14. Other	14a. 火力乾燥	0 %							Z <sup>4</sup>	
	14b. 強制発酵・ふん	0.044 %	D <sup>1</sup>	0.034 %	D <sup>1</sup>	0.080 %	J <sup>9</sup>	0.080 %	J <sup>9</sup>	
	14c. 堆積発酵	3.80 %	J <sup>5</sup>	0.13 %	J <sup>5</sup>	0.16 %	J <sup>5</sup>	0.14 %	J <sup>5</sup>	
	14d. 焼却	0.4 %							O <sup>4,6</sup>	
	14e. 強制発酵・尿	0.044%	D <sup>1</sup>	0.034%	D <sup>1</sup>	0.097 %	D <sup>1</sup>	—		
	14e. 強制発酵・ふん尿混合					0.080 %	J <sup>9</sup>			
	14f. 浄化	0.0087%	D <sup>1</sup>	0.0067%	D <sup>1</sup>	0.019%	D <sup>1</sup>	—		
	14g. メタン発酵・ふん	3.80%	P	0.13%	P	0.16%	P	0.14%	P	
	14g. メタン発酵・ふん尿混合	表 6-15	J <sup>10</sup>	3.0%	St	8.7%	St	—		
	14i. 放牧	0.095%			J <sup>11</sup>	—		0.20%	Sd	
	14k. その他・ふん	3.80%	M	0.4%	M	0.4%	M	0.4%	M	
14k. その他・ふん尿混合	3.90%	M	3.0%	M	8.7%	M	—			

表 6-14 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/gN）

処理区分		乳用牛		肉用牛		豚		採卵鶏 ブロイラー		
12. 貯留		0.02 %	J <sup>10</sup>	0.10 %		D <sup>1</sup>		—		
13. 天日乾燥		2.0 %							D <sup>1</sup>	
14. Other	14a. 火力乾燥	2.0 %							D <sup>1</sup>	
	14b. 強制発酵・ふん	0.25%		J <sup>7</sup>	0.16 %		J <sup>9</sup>			
	14c. 堆積発酵	2.40%	J <sup>5</sup>	1.60 %	J <sup>5</sup>	2.50 %	J <sup>5</sup>	2.0 %	D <sup>1</sup>	
	14d. 焼却	0.1 %							O <sup>4</sup>	
	14e. 強制発酵・尿	2.0 %					D <sup>1</sup>		—	
	14e. 強制発酵・ふん尿混合	2.0%	D <sup>1</sup>	0.25%	J <sup>7</sup>	0.16%	J <sup>9</sup>			
	14f. 浄化	5.0 %					J <sup>8</sup>		—	
	14g. メタン発酵・ふん	2.40%	P	1.60%	P	2.50%	P	2.0 %	P	
	14g. メタン発酵・ふん尿混合	0.15%	J <sup>10</sup>	0.1 %		St		—		
	14i. 放牧	0.485%			J <sup>11</sup>	—		2.0%	Sd	
	14k. その他・ふん	2.4%	M	2.0%	M	2.5%	M	2.0%	M	
14k. その他・ふん尿混合	5.0%	M	5.0%	M	5.0%	M	—			

D: 1996年改訂IPCCガイドラインのデフォルト値を利用（Asia, Temperate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

P: 堆積発酵の値を適用

St: 貯留の値を適用

Sd: 天日乾燥の値を適用

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 6-13、表 6-14 の出典

- 1: GPG (2000) (参考文献 4)
- 2: 1996 年改訂 IPCC ガイドライン (参考文献 3)
- 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 34)
- 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 22)
- 5: Osada et al., Greenhouse gas generation from livestock waste composting (2005) (参考文献 38)
- 6: IPCC(1995): IPCC 1995 Report (参考文献 2)
- 7: Osada et al., Determination of nitrous oxide, methane, and ammonia emissions from a swine waste composting process (2000) (参考文献 36)
- 8: Osada, Nitrous Oxide Emission from Purification of Liquid Portion of Swine Wastewater (2003) (参考文献 37)
- 9: 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 47)
- 10: 農林水産省「H23 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 58)
- 11: 算定方法検討会農業分科会設定値

表 6-15 乳用牛の「貯留」および「メタン発酵」の CH<sub>4</sub> 排出係数

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
貯留	g CH <sub>4</sub> /g 有機物	2.47%	2.44%	2.42%	2.40%	2.39%	2.38%	2.37%	2.37%	2.37%
メタン発酵	g CH <sub>4</sub> /g 有機物	3.22%	3.17%	3.14%	3.11%	3.08%	3.07%	3.06%	3.06%	3.06%

※農林水産省調査 (参考文献 58、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。

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は 2009 年に新たな調査結果が報告されたため、これらの値は 2008 年度から 2009 年度に変動している。

なお、各家畜種の飼養頭数は「4.A.消化管内発酵」と同じ出典のものを使用している。

CH<sub>4</sub> の活動量：各家畜種から排せつされる有機物量[千 t]

$$= \text{家畜の飼養頭数 [千頭]} \times \text{排せつ物量 [kg/頭/日]} \times \text{年間日数[日]} \\ \times \text{排せつ物中の有機物含有率 [%]} \times \text{排せつ物分離・混合処理の割合 [%]} \\ \times \text{排せつ物管理区分割合 [%]} / 1000$$

N<sub>2</sub>O の活動量：各家畜種から排せつされる窒素量[千 t-N]

$$= \text{家畜の飼養頭数 [千頭]} \times \text{排せつ物中窒素量[kg-N/頭/日]} \times \text{年間日数[日]} \\ \times \text{排せつ物分離・混合処理の割合 [%]} \times \text{排せつ物管理区分割合 [%]} / 1000$$

表 6-16 採卵鶏、ブロイラーの羽数

家畜種	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
採卵鶏	1000 頭	188,786	190,634	186,202	180,697	180,994	179,770	178,546	177,607	177,607
ブロイラー	1000 頭	142,740	118,123	106,311	103,687	107,141	107,141	107,141	107,141	107,141

表 6-17 家畜種ごとの排せつ物排せつ量及び排せつ物中窒素量

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 44)

表 6-18 家畜種ごとの排せつ物中の有機物含有率(湿ベース)

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 22)

表 6-19 家畜種ごとの排せつ物管理区分割合

ふん尿 分離状況	処理方法	乳用牛		肉用牛		豚		採卵鶏		ブロイラー		
		1989~ 2008	2009~	1989~ 2008	2009~	1989~ 2008	2009~	1989~ 2008	2009~	1989~ 2008	2009~	
ふん尿 分離 処理	ふん	天日乾燥	2.8%	2.0%	1.5%	0.9%	7.0%	0.7%	30.0%	8.2%	15.0%	2.5%
		火力乾燥	0%	0%	0%	0%	0.7%	0.1%	3.0%	2.2%	0%	1.1%
		強制発酵	9.0%	6.6%	11.0%	8.1%	62.0%	48.2%	42.0%	49.6%	5.1%	19.3%
		堆積発酵等	88.0%	90.1%	87.0%	89.8%	29.6%	49.3%	23.0%	36.8%	66.9%	36.7%
		焼却	0.2%	0%	0.5%	—	0.7%	0.6%	2.0%	1.6%	13.0%	30.5%
		メタン発酵	—	—	—	—	—	0.1%	—	—	—	0.1%
		公共下水道	—	0%	—	—	—	—	—	—	—	—
		放牧	—	0%	—	—	—	—	—	0%	—	0.1%
	その他	—	1.3%	—	1.2%	—	1.0%	—	1.6%	—	9.9%	
	尿	天日乾燥	—	0%	—	0%	—	0%	—	—	—	—
		強制発酵	1.5%	1.7%	9.0%	1.2%	10.0%	5.4%	—	—	—	—
		浄化	2.5%	5.1%	2.0%	4.4%	45.0%	76.3%	—	—	—	—
		貯留	96.0%	89.6%	89.0%	91.5%	45.0%	15.3%	—	—	—	—
		メタン発酵	—	1.9%	—	0%	—	0.5%	—	—	—	—
公共下水道		—	0.8%	—	0.6%	—	0.4%	—	—	—	—	
その他	—	0.9%	—	2.4%	—	2.1%	—	—	—	—		
ふん尿 混合 処理	天日乾燥	4.4%*	1.1%	3.4%*	0.7%	6.0%	0.2%	—	—	—	—	
	火力乾燥	0%	0%	0%	0%	0%	0%	—	—	—	—	
	強制発酵	18.7%*	22.9%	21.8%*	10.8%	29.0%	21.3%	—	—	—	—	
	堆積発酵	13.1%*	50.9%	73.2%*	85.6%	20.0%	51.3%	—	—	—	—	
	浄化	0.3%*	0.2%	0%	0%	22.0%	18.5%	—	—	—	—	
	貯留	57.0%*	15.4%	0.6%*	0.1%	23.0%	4.0%	—	—	—	—	
	焼却	—	0.1%	—	0%	—	0%	—	—	—	—	
	メタン発酵	—	1.7%	—	0%	—	2.0%	—	—	—	—	
	公共下水道	—	0.1%	—	0%	—	0.7%	—	—	—	—	
放牧	6.5%*	6.5%	1.1%*	1.1%	—	0%	—	—	—	—		
その他	—	1.2%	—	1.6%	—	1.9%	—	—	—	—		

(出典) 1989~2008年：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 23)  
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 57)

\*：乳用牛、肉用牛に関して、畜産技術協会(参考文献 23)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 6-20 家畜種ごとの排せつ物分離・混合処理の割合

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

(出典) 2008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 22)  
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 57)

## ■ 完全性について

採卵鶏、ブロイラー以外の家禽類については統計上把握されておらず、ほとんど飼養されていないと考えられる。このため、採卵鶏、ブロイラーのみを対象とした。

## ■ 気候区分について

GPG(2000)によると、Tier 1法において気候区分ごとの飼養頭数を用いて排出量を算定することとされている。

1996年改訂IPCCガイドラインに示された気候区分に従うと、日本は温帯と冷帯に分類されることとなる。日本の各県の平均気温は15℃程度であり、1996年改訂IPCCガイドラインに示された閾値とほぼ一致するため、気候区分を温帯、冷帯に分類せず全都道府県を温帯と仮定し排出量の算定を行った。

## ■ 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CH<sub>4</sub>排出を家畜種ごとに報告し、N<sub>2</sub>O排出については処理方法ごと(11. 嫌気性ラグーン(Anaerobic Lagoons)、12. 汚水処理(Liquid Systems)、13. 固形貯留及び乾燥(Solid Storage and Dry Lot)、14. その他)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 6-22 にその詳細を示した。

現在のCRFにおける報告カテゴリーは、「嫌気貯留」、「汚水処理」、「固体貯蔵、乾燥」、「その他」に分かれている。しかし、我が国では、特にふんについては堆肥化が広く行われていることから、「その他」という区分に「堆積発酵」、「強制発酵」という堆肥化に関する区分を設けて報告を行っている。加えて、ふんの容積減少や取扱性向上を目的として「火力乾燥」や「焼却」も行われるため、これらについても「その他」に区分を設けて報告している。また、尿は汚濁物質濃度の高い汚水であり、それを浄化する処理が行われていることから、CRFの「その他」に「浄化」という区分を設けている。

なお、我が国で堆肥化処理が多く行われている理由としては、①我が国の畜産農家の場合、発生する排せつ物の還元に必要な面積を所有していない場合が多く、経営体外での利用向けに排せつ物を仕向ける必要性が高いため、たい肥化による運搬性、取扱い性の改善が不可欠であること、②我が国は降雨量が多く施肥の流失が生じやすく、水質保全、悪臭防止、衛生

管理といった観点からの要請も強いいため、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。

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

表 6-21 我が国と CRF の排せつ物管理区分の対応関係及び排せつ物管理区分の概要

我が国の区分		CRF で用いている区分	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	13. 固形貯留及び乾燥	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	14. その他 (a. 火力乾燥)	火力により乾燥し、ふんの取扱性を改善する。
		強制発酵	14. その他 (b. 強制発酵)	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	14. その他 (c. 堆積発酵)	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、時々切り返しながら数ヶ月かけて発酵させる。
		焼却	14. その他 (d. 焼却)	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	14. その他 (g. メタン発酵・ふん)	スラリー状の家畜排せつ物を嫌気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	14. その他 (i. 放牧地、放牧場、小放牧地)	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「放牧地、放牧場、小放牧地 (4.D.2)」で計上。
		その他	14. その他 (k. その他・ふん)	上記以外の処理を行っている。
	尿	強制発酵	14. その他 (e. 強制発酵 (液状))	貯留槽において曝気処理する。
		浄化	14. その他 (f. 浄化)	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	12. 汚水処理	貯留槽に貯留する。
		メタン発酵	14. その他 (g. メタン発酵・ふん尿)	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		14. その他 (k. その他・ふん尿)	上記以外の処理を行っている。	
ふん尿混合処理	天日乾燥	13. 固形貯留及び乾燥	天日により乾燥し、ふんの取扱性を改善する。	
	火力乾燥	14. その他 (a. 火力乾燥)	ふん尿分離処理の記述に同じ。	
	強制発酵	14. その他 (e. 強制発酵 (液状))	貯留槽において曝気処理する。	
	堆積発酵	14. その他 (c. 堆積発酵)	ふん尿分離処理の記述に同じ。	
	浄化	14. その他 (f. 浄化)	ふん尿分離処理の記述に同じ。	
	貯留	12. 汚水処理	貯留槽（スラリーストア等）に貯留する。	
	メタン発酵	14. その他 (g. メタン発酵・ふん尿)	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。	
	その他	14. その他 (k. その他・ふん尿)	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

不確実性評価のデシジョンツリーに従い、GPG (2000) 及び専門家判断により、家畜種ご

とに評価を行った。

活動量の不確実性は、豚は「畜産統計」掲載の標準誤差 0.8%を採用し、採卵鶏、ブロイラーは「畜産統計」掲載の採卵鶏の標準誤差 6.1%を採用した。牛は「6.2.1 消化管内発酵 牛」と同様に 5%を採用した。

その結果、排出量の不確実性は、乳用牛の CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O でそれぞれ 78%、91%、肉用牛の CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O でそれぞれ 73%、125%、豚の CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O でそれぞれ 106%、92%、家禽類（採卵鶏・ブロイラー）の CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O でそれぞれ 54%、80%と評価された。なお、不確実性の評価手法の概要については別添 7 に記載している。

#### ■ 時系列の一貫性

排出係数は 1989 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、1989 年度値から一貫した方法を使用している。

#### d) QA/QC と検証

GPG (2000) に従った方法で、Tier 1 QC 活動を実施している。Tier 1 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。また、我が国独自の排出係数のうちデフォルト値と差異が大きなものについては、差異の原因についての分析も行っている。

QA/QC 活動の詳細については、別添 6.1 に詳述している。

#### e) 再計算

貯留（乳用牛）、メタン発酵（乳用牛）、放牧（乳用牛、肉用牛）に関して、新たな排出係数が構築されたため、すべての年度の排出量が更新された。なお、放牧牛からの排出量は、家畜排せつ物量および排せつ物中窒素量から算定する方法へ改定した。

また、農業分野では 3 年平均を使用しているため、各家畜について、2011 年度の活動量の修正・更新により、2010 年度の排出量が変更された。

#### f) 今後の改善計画及び課題

排出実態に関する研究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。

また、家畜ふん尿のうち農用地の土壌に施用される分として算定されている窒素量が過大である可能性があることから、農業全体の窒素フローについて算定方法検討会において継続的に検討している。

### 6.3.2. 水牛、めん羊、山羊、馬 (4.B.2., 4.B.3., 4.B.4., 4.B.6.)

#### a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは、水牛、めん羊、山羊、馬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、GPG (2000) のデシジョンツリー (Page 4.33, Fig.4.3 及び Fig.4.4) に従い Tier 1 法を用いて算定を行った。



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

= 家畜の排出係数[kg-CH<sub>4</sub>/年/頭]×家畜の飼養頭数[頭]

家畜の排せつ物管理に伴う N<sub>2</sub>O 排出量 [kg-N<sub>2</sub>O]

= 各家畜の排せつ物管理区分毎の排出係数[kg-N<sub>2</sub>O-N/kg-N]

×家畜の排せつ物中の窒素量[kg-N/頭]×排せつ物管理区分割合[%]×家畜の飼養頭数[頭]

## ■ 排出係数

CH<sub>4</sub> 排出係数については、1996 年改訂 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<sub>2</sub>O 排出係数については、1996 年改訂 IPCC ガイドラインに示された「Asia & Far East (アジア及び極東)」の「Other animals」のデフォルト値を使用した。

表 6-22 水牛、めん羊、山羊、馬の CH<sub>4</sub> 排出係数

家畜種	[kg-CH <sub>4</sub> /頭/年]	出典
めん羊	0.28	1996 年改訂 IPCC ガイドライン Vol.2 p4.6 Table4-4
山羊	0.18	
馬	2.08	
水牛	2	1996 年改訂 IPCC ガイドライン Vol.3 p4.13 Table4-6

表 6-23 水牛、めん羊、山羊、馬の N<sub>2</sub>O 排出係数

排せつ物管理区分		[kg-N <sub>2</sub> O-N/ kg-N]	
11.	Anaerobic Lagoons	嫌気性ラグーン	0.1%
12.	Liquid Systems	汚水処理	0.1%
13.	Solid Storage and Dry Lot	固形貯留及び乾燥	2.0%
14. Other	h. Daily Spread	その他 (逐次散布)	0.0%
	i. Pasture Range and Paddock	その他 (放牧地/牧野/牧区)	2.0%
	j. Used Fuel	その他 (燃料利用)	0.0%
	k. Other system	その他 (その他処理)	0.5%

(出典) 1996 年改訂 IPCC ガイドライン Vol.3、page 4.121、Table B-1

## ■ 活動量

CH<sub>4</sub> に関して、「4.A.消化管内発酵」と同様に、めん羊及び山羊の活動量は(社)中央畜産会「家畜改良関係資料」、馬の活動量は農林水産省「馬関係資料」、水牛の活動量は沖縄県「沖縄県畜産統計」に示された飼養頭数を用いた(表 6-11)。

N<sub>2</sub>O 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。排せつ物中窒素量、排せつ物管理区分割合は 1996 年改訂 IPCC ガイドラインのデフォルト値を使用した。各家畜の飼養頭数は CH<sub>4</sub> 排出量の算定に用いたものと同じ値を用いた。

表6-24 水牛、めん羊、山羊、馬の排せつ物中窒素量

家畜種	[kg-N/頭/年]
水牛	40*
めん羊	12
山羊	40*
馬	40*

(出典) 1996 年改訂 IPCC ガイドライン Vol.3、page 4.99、Table 4-20

\* : 「Other animals」の値を使用。

表 6-25 水牛、めん羊、山羊、馬の排せつ物管理処理区分割合

排せつ物管理区分		処理区分割合				
		水牛	めん羊	山羊	馬	
11.	Anaerobic Lagoons	嫌気性ラグーン	0%	0%	0%	0%
12.	Liquid Systems	汚水処理	0%	0%	0%	0%
13.	Solid Storage and Dry Lot	固形貯留及び乾燥	14%	0%	0%	0%
14. Other	h. Daily Spread	その他（逐次散布）	16%	0%	0%	0%
	i. Pasture Range and Paddock	その他（放牧地/牧野/牧区）	29%	83%	95%	95%
	j. Used Fuel	その他（燃料利用）	40%	0%	0%	0%
	k. Other system	その他（その他処理）	0%	17%	5%	5%

（出典）1996年改訂 IPCC ガイドライン

### 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。排出係数の不確実性は、不確実性評価のデシジョンツリーに従い、GPG（2000）に示された当該排出源もしくは類似排出源の不確実性の値を使用し、各家畜について  $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$  とも 100%とした。活動量の不確実性は、各家畜とも不確実性のデシジョンツリーに従い 100%とした。その結果、各家畜の不確実性は、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$  とも 141%と評価された。なお、不確実性の評価手法の概要については別添 7 に記載している。

#### ■ 時系列の一貫性

排出係数はすべての年で一定値を使用している。活動量については、めん羊及び山羊は「家畜改良関係資料」、馬は「馬関係資料」、水牛は「沖縄県畜産統計」を用い、それぞれ 1989 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

GPG（2000）に従った方法で、Tier 1 QC 活動を実施している。Tier 1 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 活動の詳細については、別添 6.1 に詳述している。

### e) 再計算

農業分野では 3 年平均を使用しているため、各家畜について、2008～2011 年度の活動量の修正・更新により、2007～2010 年度の排出量が変更された。

### f) 今後の改善計画及び課題

我が国独自の排出係数を実測等により設定するかどうか検討する必要がある。

#### 6.3.3. ラクダ・ラマ、ロバ・ラバ（4.B.5., 4.B.7.）

我が国では、農業用に飼養されているものは存在しないと考えられるため、「NO」として報告した。

#### 6.3.4. その他（4.B.10.）

日本において農業として営んでいる家畜は、牛、水牛、めん羊、山羊、馬、豚、家禽以外には存在しないため、「NO」として報告した。

## 6.4. 稲作（4.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。ここでは、間欠灌漑水田と常時湛水水田が算定の対象となる。日本では主に、間欠灌漑水田で稲作が営まれている。

2011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5,434 Gg-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21.9%の減少となっている。

表 6-26 稲作に伴うCH<sub>4</sub>排出量

ガス	区分	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
CH <sub>4</sub>	4.C.1.- 間欠灌漑水田	Gg-CH <sub>4</sub>	319.9	325.5	272.1	263.8	257.3	254.8	251.7	249.7
	4.C.1.- 常時湛水水田	Gg-CH <sub>4</sub>	11.6	11.8	9.8	9.5	9.3	9.2	9.1	9.0
	合計	Gg-CH <sub>4</sub>	331.4	337.3	281.9	273.3	266.6	264.0	260.8	258.7
		Gg-CO <sub>2</sub> 換算	6,960	7,083	5,920	5,739	5,599	5,545	5,477	5,434

## 6.4.1. 間欠灌漑水田（中干し）（4.C.1.-）

## a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは、間欠灌漑水田からの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欠灌漑（中干し）水田は、1996年改訂IPCCガイドラインの間欠灌漑水田（複数落水）とは性質が異なる。概要を下図に示す。

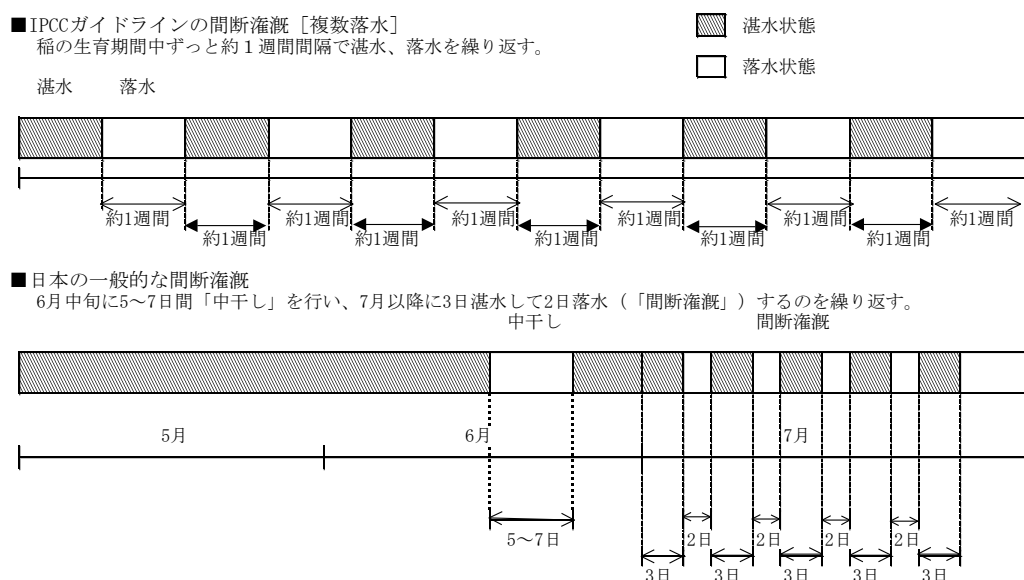


図 6-3 1996年改訂IPCCガイドラインの間欠灌漑（複数落水）水田と日本の一般的な間欠灌漑（中干し）水田

## b) 方法論

## ■ 算定方法

間欠灌漑水田（中干し）からのCH<sub>4</sub>排出は、我が国には有機物管理方法別（施用する有機

物の種類別)の土壌種別排出係数の実測値が存在するため、有機物管理方法全般について考慮した算定を行う。

間欠灌漑水田面積に、「有機物管理方法ごとの単位面積当たり土壌種別 CH<sub>4</sub> 発生量」、「各土壌種の面積割合」、「有機物管理方法の割合」を乗じることによって、有機物管理方法ごとの土壌種別 CH<sub>4</sub> 発生量を算出することとする。

$$\begin{aligned} & \text{間欠灌漑水田 (中干し) からの CH}_4 \text{ 排出量 (kg-CH}_4\text{)} \\ & = \sum (\text{土壌種 } m \text{ 有機物管理方法 } n \text{ ごとの排出係数 [kg-CH}_4\text{/m}^2\text{]} \times \text{水田面積 [m}^2\text{]} \\ & \quad \times \text{間欠灌漑水田の割合} \times \text{土壌種 } m \text{ の面積割合} \times \text{有機物管理方法 } n \text{ の割合}) \end{aligned}$$

■ 排出係数

当該排出区分については、下表に示す区分ごとに排出係数を設定した。

わら施用、無施用については、5つの土壌種別に測定された実測値に基づき設定した。各種堆肥施用については、各土壌種別の実測値はないが、CH<sub>4</sub> 排出量について「各種堆肥施用／無施用比：1.2～1.3」というデータが存在するため、各種堆肥施用の土壌種別排出係数を無施用の排出係数の1.25倍と設定した。

表 6-27 間欠灌漑水田 (中干し) の CH<sub>4</sub> 排出係数

土壌種	わら施用 [g-CH <sub>4</sub> /m <sup>2</sup> /年]	各種堆肥施用 [g-CH <sub>4</sub> /m <sup>2</sup> /年]	無施用 [g-CH <sub>4</sub> /m <sup>2</sup> /年]
黒ボク土	8.50	7.59	6.07
黄色土	21.4	14.6	11.7
低地土	19.1	15.3	12.2
グライ土	17.8	13.8	11.0
泥炭土	26.8	20.5	16.4

(出典) 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」(参考文献 31)

■ 活動量

水稻の作付面積の98%が間欠灌漑水田(中干し)、2%が常時湛水田と仮定した<sup>1</sup>。

間欠灌漑水田(中干し)からのCH<sub>4</sub>排出の活動量は、農林水産省「耕地及び作付面積統計」に示された水稻作付面積に、水田の土壌種別面積割合(高田ら(2009))と有機物管理方法の割合を乗じて設定した。なお、2008年度以降は毎年有機物管理方法の割合が調査されているため、そのデータを算定に反映している。

表 6-28 日本の土壌種別面積割合

土壌種		～1991	1992	1997	2001	2002～
黒ボク土	黒ボク土、多湿黒ボク土、黒ボクグライ土	13.06%	<b>13.06%</b>	13.14%	<b>13.20%</b>	13.20%
黄色土	褐色森林土、灰色台地土、グライ台地土、黄色土、暗赤色土、赤色土、岩屑土	11.31%	<b>11.31%</b>	11.03%	<b>10.80%</b>	10.80%
低地土	褐色低地土、灰色低地土、砂丘未熟土	40.82%	<b>40.82%</b>	40.62%	<b>40.46%</b>	40.46%
グライ土	グライ土、強グライ土	28.94%	<b>28.94%</b>	29.20%	<b>29.40%</b>	29.40%
泥炭土	黒泥土、泥炭土	5.85%	<b>5.85%</b>	6.02%	<b>6.15%</b>	6.15%

※1992年値、2001年値は「高田ら(2009)」に示されているオリジナルデータ。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 48)より作成

<sup>1</sup> 1996年改訂 IPCC ガイドライン vol.2 Workbook, p4.18 Table 4.9

表 6-29 日本の有機物管理方法の割合

有機物管理法	1990～2007	2008	2009	2010	2011
わら施用	60%	65%	61%	57%	62%
各種堆肥施用	20%	18%	23%	26%	22%
有機物無施肥	20%	17%	16%	17%	16%

(出典) 1990～2007年値：農林水産省「土壌環境基礎調査」(参考文献 49)

2008年以降：農林水産省「土壌由来温室効果ガス・土壌炭素調査事業」(参考文献 50)

表 6-30 水稲作付面積

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
水稲作付面積	kha	2,055	2,106	1,763	1,702	1,624	1,621	1,625	1,574	1,579

(出典) 農林水産省「耕地及び作付面積統計」(参考文献 13)

### c) 不確実性と時系列の一貫性

#### ■ 不確実性

間欠灌漑水田〔中干し〕からの $\text{CH}_4$ の排出は、有機物管理方法ごと（わら施用、各種堆肥施用、無施用）に不確実性評価方法が異なるため、これら3つの区分ごとに不確実性を評価した。

排出係数の不確実性は、不確実性評価のデシジョンツリーに従い、GPG (2000) に示された値、もしくは専門家判断による値を使用し算出した。活動量の不確実性は「耕地及び作付面積統計」の水稲作付面積の標準誤差0.31%を使用した。

その結果、排出量の不確実性は、わら施用区で32%、各種堆肥施用区で32%、無施用区で46%と評価された。なお、不確実性の評価手法の概要については別添7に記載している。

#### ■ 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

GPG (2000) に従った方法で、Tier 1 QC 活動を実施している。Tier 1 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 活動の詳細については、別添6.1に詳述している。

### e) 再計算

農業分野では3年平均値を算定・報告において使用しているため、2011年度の活動量の修正・更新により、2010年度の排出量が変更された。

### f) 今後の改善計画及び課題

現在、農林水産省が農地を対象とした包括的な調査を行っており、今年度の算定においてその結果の一部を反映した。今後も新たに調査結果が判明次第、各種パラメータや算定方法について改訂を検討する。

また、DNDC (DeNitrification-DeComposition) モデルを用いた算定方法の開発が進められており、将来的にはTier.3の適用について検討を行う予定である。

## 6.4.2. 常時湛水田 (4.C.1.-)

## a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは、常時湛水田からの CH<sub>4</sub> 排出の算定を行う。

## b) 方法論

## ■ 算定方法

CH<sub>4</sub> 排出については、GPG (2000) のデシジョンツリー (Page 4.79, Fig.4.9) に従い、我が国独自の排出係数を用いて算定を行った。

## ■ 排出係数

我が国の研究結果 (農業技術協会 (2000)、参考文献 28) において、間欠灌漑区の CH<sub>4</sub> 排出量は常時湛水区に比べて 42-45% 低下することが示されている。このため、低下分を 0.435 (42%と 45%の中間値) と仮定し、「間欠灌漑水田 [中干し]」の見かけの排出係数 (総排出量を総水稲作付面積で割った数値) を 0.565 (=1 - 0.435) で割ることにより常時湛水田の CH<sub>4</sub> 排出係数とする。なお、各土壌種の面積割合、有機物管理割合が毎年変動 (後者は 2008 年度から変動) することから、「間欠灌漑水田 [中干し]」の見かけの排出係数は毎年変動する。そのため、常時湛水田の排出係数も毎年変動することになる。

表 6-31 常時湛水田及び間欠灌漑水田 (中干し) の CH<sub>4</sub> 排出係数

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
常時湛水田	gCH <sub>4</sub> /m <sup>2</sup> /年	28.12	28.12	28.12	28.12	28.62	28.38	28.05	28.46	28.46
間欠灌漑水田 (中干し)	gCH <sub>4</sub> /m <sup>2</sup> /年	15.89	15.89	15.89	15.89	16.17	16.04	15.85	16.08	16.08

※間欠灌漑水田 (中干し) は見かけの排出係数

## ■ 活動量

水稲の作付面積の 2% が常時湛水田、98% が間欠灌漑水田 (中干し) と仮定した。

常時湛水田からの CH<sub>4</sub> 排出の活動量は、農林水産省「耕地及び作付面積統計」に示された水稲作付面積に 2% を乗じて設定した。

## 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、各パラメータの不確実性を専門家判断で決定し算出した。活動量の不確実性は、「耕地及び作付面積統計」の水稲作付面積の標準誤差 0.31% を使用した。その結果、排出量の不確実性は 116% と評価された。なお、不確実性の評価手法の概要については別添 7 に記載している。

## ■ 時系列の一貫性

「6.4.1. 間欠灌漑水田」と同様。

## d) QA/QC と検証

「6.4.1. 間欠灌漑水田」と同様。

## e) 再計算

農業分野では 3 年平均値を算定・報告において使用しているため、2011 年度の活動量の修

正・更新により、2010年度の排出量が変更された。

#### f) 今後の改善計画及び課題

我が国の「間欠灌漑区／常時湛水区」の  $\text{CH}_4$  排出量比は、1地点での測定データから算出されているため、さらなるデータの収集が必要と考えられる。

#### 6.4.3. 天水田、深水田 (4.C.2., 4.C.3.)

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。

#### 6.4.4. その他の水田 (4.C.4.)

当該カテゴリーについては、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り嫌気状態になることはない。 $\text{CH}_4$  生成菌は絶対嫌気性菌であり、土壌が嫌気性に保たなければ  $\text{CH}_4$  の生成はあり得ない。従って、「NA」として報告した。

#### 6.5. 農用地の土壌 (4.D.)

ここでは、農用地からの  $\text{N}_2\text{O}$  の直接排出（合成肥料や有機質肥料の施肥、窒素固定作物による窒素固定、作物残渣のすき込み、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。

##### ■ 直接排出 ( $\text{N}_2\text{O}$ )

農用地の土壌からは、合成肥料や有機質肥料の施肥、窒素固定作物による窒素固定、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  $\text{N}_2\text{O}$  が発生する。また、硝酸態窒素が脱窒する過程で  $\text{N}_2\text{O}$  が発生する。

また、窒素を含む有機質土壌を耕起することにより  $\text{N}_2\text{O}$  が発生する。

##### ■ 間接排出 ( $\text{N}_2\text{O}$ )

農用地土壌へ施用された合成肥料と家畜排せつ物由来の有機質肥料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  $\text{N}_2\text{O}$  が発生する。

農用地土壌へ施用された合成肥料と家畜排せつ物の有機質肥料中の窒素で硝酸として溶脱・流出したのから、微生物の作用により  $\text{N}_2\text{O}$  が発生する。

2011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 5,792 Gg- $\text{CO}_2$  換算であり、我が国の温室効果ガス総排出量（LULUCFを除く）の 0.4%を占めている。また、1990年度の排出量と比較すると 26.0%の減少となっている。

表 6-32 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	2008	2009	2010	2011		
N <sub>2</sub> O	4.D.1. 直接排出	合成肥料	Gg-N <sub>2</sub> O	6.2	5.4	4.9	4.8	4.1	3.9	4.0	4.2	
		有機質肥料	Gg-N <sub>2</sub> O	4.3	3.9	3.6	3.5	3.4	3.4	3.3	3.3	
		窒素固定作物	Gg-N <sub>2</sub> O	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
		作物残渣	Gg-N <sub>2</sub> O	1.9	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	
		有機質土壌の耕起	Gg-N <sub>2</sub> O	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	
	4.D.2. 牧草地・放牧場・小放牧地の排せつ物	Gg-N <sub>2</sub> O	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
	4.D.3. 間接排出	大気沈降	Gg-N <sub>2</sub> O	5.1	4.8	4.5	4.3	4.1	4.0	3.9	3.9	
		窒素溶脱・流出	Gg-N <sub>2</sub> O	7.0	6.4	5.9	5.7	5.2	5.0	5.0	5.0	
	合計		Gg-N <sub>2</sub> O	25.2	23.0	21.4	20.6	19.2	18.5	18.4	18.7	
			Gg-CO <sub>2</sub> 換算	7,826	7,130	6,631	6,400	5,943	5,721	5,717	5,792	

6.5.1. 直接排出 (4.D.1.)

6.5.1.1. 合成肥料 (4.D.1.-)

a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは、農用地の土壌への合成肥料の施肥に伴う 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、GPG (2000) のデンジョンツリー (Page 4.55, Fig.4.7) に従い、我が国独自の排出係数が存在するため、それを使用して算定を行った。

$$\begin{aligned}
 & \text{農用地の土壌への合成肥料の施肥に伴う N}_2\text{O 排出量 (kg-N}_2\text{O)} \\
 & = \text{排出係数 [kg-N}_2\text{O-N/kg-N]} \\
 & \quad \times \text{農用地土壌に施用された合成肥料に含まれる窒素量 [kg-N]} \times 44 / 28
 \end{aligned}$$

■ 排出係数

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

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

また、作物の種類による排出係数の違いを比較したところ、他の作物に比べ茶が有意に高く、水稲が有意に低いことが判明した。しかし、他の作物については有意な差はなかったため、水稲、茶、その他の作物の3種類について排出係数を設定した。なお、我が国には火山灰由来の土壌が広く分布しており、この土壌からの N<sub>2</sub>O 排出量が少ないことが、我が国の排出係数が 1996 年改訂 IPCC ガイドラインに示される排出係数のデフォルト値に比べ低い理由であると考えられる。なお、水稲の排出係数は、2006 年 IPCC ガイドラインにデフォルト値の1つとして採用されており、国際的に妥当性が認められている数値である。

表 6-33 農用地の土壌への合成肥料の施肥に伴う N<sub>2</sub>O 排出係数

作物種	排出係数 (kg-N <sub>2</sub> O-N/kg-N)
水稲	0.31 %
茶	2.9 %
その他の作物	0.62 %

(出典) Akiyama et al., Direct 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 39)



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 40)

## ■ 活動量

排出係数の設定状況に合わせ、作物別の合成肥料使用量を活動量として利用している。合成肥料使用量は全使用量を統計情報より把握できるが、作物別の年間施肥量を把握できるデータがないことから、統計情報から把握できる各作物種の作付面積に、我が国の各作物種の単位面積当たり合成肥料施用量の調査結果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全合成肥料需要量を各作物別に配分する。

### 農用地の土壌への合成肥料の施肥に伴う N<sub>2</sub>O 排出の活動量

作物別の農用地に投入された窒素肥料の量 [t-N]

= 合成肥料需要量[t-N] × (各作物種別作付面積[ha]

×各作物種の単位面積当たり合成肥料施用量 [kg-N/10a]) / Σ (各作物種別作付面積[ha]

×各作物種の単位面積当たり合成肥料施用量 [kg-N/10a])

作物別の肥料施用量については、2000年に行われた営農調査（「平成12年度温室効果ガス排出削減定量化法調査報告書」（参考文献28））により各作物別の施肥量が合成肥料、有機質肥料別に把握されている。専門家判断によると、水稻、茶を除く作物においては経年的な施肥量の変化が余りないと考えられることから、これらの作物については2000年調査（参考文献28）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おり、野中（2005）（参考文献45）は1993、1998、2002年における茶畑に対する窒素施肥量（合成肥料、有機質肥料の合計値）の推移をまとめている。これらの施肥量について2000年調査（参考文献28）における茶の合成肥料と有機質肥料の比を用いて、合成施肥量、有機質肥料別の施肥量を推計し、算定に用いた。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6-39参照）。

水稻については、農林水産省「農業経営統計調査」により把握できる各年の施肥量データを用い、陸稲については、水稻の値で代用した。

表 6-34 合成肥料需要量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
合成肥料需要量	tN	611,955	527,517	487,406	471,190	360,056	350,135	403,901	403,901	403,901

(出典) 農林水産省監修「ポケット肥料要覧」（参考文献17）

表 6-35 作物種別単位面積当たり合成肥料施用量（水稻、茶以外）

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

(出典) 農業技術協会「平成12年度温室効果ガス排出量削減定量化法調査報告書」（参考文献28）

表 6-36 単位面積当たり合成肥料施用量（水稻、茶）

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
合成肥料施用量（水稻）	kg-N/10a	9.65	8.71	7.34	6.62	6.47	5.80	5.95	5.95	5.95
合成肥料施用量（茶）	kg-N/10a	57.23	54.88	48.06	44.76	44.76	44.76	44.76	44.76	44.76

（出典）茶：合成肥料と有機質肥料の合計量は野中（2005）「茶園における窒素環境負荷とその低減のための施肥技術」（参考文献 45）、水稻：農林水産省「農業経営統計調査」

表 6-37 作物種別作付面積

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
野菜	kha	620.1	564.4	524.9	476.3	469.5	468.7	465.4	460.4	460.4
水稻	kha	2,055.0	2,106.0	1,763.0	1,702.0	1,624.0	1,621.0	1,625.0	1,574.0	1,579.0
果樹	kha	346.3	314.9	286.2	265.4	254.7	250.7	246.9	243.5	243.5
茶	kha	58.5	53.7	50.4	48.7	48.0	47.3	46.8	46.2	45.9
ばれいしょ	kha	115.8	104.4	94.6	86.9	84.9	83.1	82.5	81.0	81.0
豆類	kha	256.6	155.5	191.8	193.9	199.7	197.5	189.0	186.2	186.2
飼肥料作物	kha	1,096.0	1,013.0	1,026.0	1,030.0	1,012.0	1,008.0	1,012.0	1,030.0	1,029.0
かんしょ	kha	60.6	49.4	43.4	40.8	40.7	40.5	39.7	38.9	38.8
麦	kha	366.4	210.2	236.6	268.3	265.4	266.2	265.7	271.7	269.5
雑穀(そばを含む)	kha	29.6	23.4	38.4	45.9	49.1	47.5	49.7	58.1	58.1
桑	kha	59.5	26.3	5.9	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
工芸作物	kha	142.9	124.5	116.3	110.3	107.5	106.4	104.8	101.9	102.2
たばこ	kha	30.0	26.4	24.0	19.1	16.8	15.8	15.0	13.0	13.0
陸稲	kha	18.9	11.6	7.1	4.5	3.2	3.0	2.9	2.4	2.1

（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

合成肥料の施用に伴う N<sub>2</sub>O 排出量は、作物種ごとに算定を行っていることから、作物種ごとに不確実性の評価を行い、それらを最終的に合成し総排出量の不確実性を算出した。排出係数の不確実性は、各パラメータの不確実性（専門家判断、標本標準偏差による）を合成して算出した。不確実性は水稻で 220.0%、茶で 211.7%、その他の作物で 181.7%であった。活動量の不確実性は、「耕地及び作付面積統計」に示された標準誤差を採用し、水稻は 0.31%、その他の作物は 0.27%（畑地の作付面積の値）とした。その結果、農用地の土壌への合成肥料の施肥に伴う N<sub>2</sub>O 総排出量の不確実性は 139%と評価された。なお、不確実性の評価手法の概要については別添 7 に記載している。

#### ■ 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

GPG（2000）に従った方法で、Tier 1 QC 活動を実施している。Tier 1 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 活動の詳細については、別添 6.1 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

農業分野では3年平均を使用しているため、2009年度および2010年度排出量の再計算結果については、各作物の2010年度および2011年度の活動量の修正・更新による影響が生じている。

## f) 今後の改善計画及び課題

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

## 6.5.1.2. 有機質肥料（畜産廃棄物の施用）（4.D.1.-）

## 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

GPG (2000) のデシジョンツリー (Page 4.55, Fig.4.7) に従い、N<sub>2</sub>O排出量の算定を行った。

$$\begin{aligned} & \text{農用地の土壌への有機質肥料の施用に伴う } N_2O \text{ 排出量 [kg-N}_2\text{O]} \\ & = \Sigma (\text{作物種別の排出係数 [kg-N}_2\text{O-N/kg-N]} \\ & \quad \times \text{農用地土壌に施用された有機質肥料に含まれる窒素量 [kg-N]}) \times 44/28 \end{aligned}$$

## ■ 排出係数

合成肥料と同様の我が国独自の排出係数を用いた。(表 6-33)

## ■ 活動量

活動量については、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(茶以外)。茶に関しては、合成肥料同様、施肥量の規制等により経年的に施肥量に変化しており、野中(2005)(参考資料45)は1993、1998、2002年における茶畑に対する窒素施肥量(合成肥料、有機質肥料の合計値)の推移をまとめている。これらの施肥量について2000年調査(参考文献28)における茶の合成肥料と有機質肥料の比を用いて、合成施肥量、有機質肥料別の施肥量を推計し、算定に用いた。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 6-39 参照)。なお、作物種別の作付面積は合成肥料の算定に用いたものと同様である。

$$\begin{aligned} & \text{作物種別の窒素投入量 [kg-N]} \\ & = \text{作物種別の作付面積 [ha]} \\ & \quad \times \text{作物種別の単位面積当たり有機質肥料として施用された窒素量 [kg-N/10a]} \times 10 \end{aligned}$$

表 6-38 作物種別単位面積当たり有機質肥料として施用された窒素量（茶以外）

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

※陸稲に関しては、水稻の値で代用した。

（出典） 農業技術協会「平成12年度温室効果ガス排出量削減定量化法調査報告書」（参考文献28）

表 6-39 単位面積当たり有機質肥料施用量（茶）

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
有機質肥料施用量（茶）	kg-N/10a	20.77	19.92	17.44	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24

出典：合成肥料と有機質肥料の合計量は野中（2005）「茶園における窒素環境負荷とその低減のための施肥技術」（参考文献45）

### c) 不確実性と時系列の一貫性

#### ■ 不確実性

「6.5.1.1. 直接排出（合成肥料）4.D.1.-」と同様の方法で不確実性評価を行った。その結果、不確実性は152%と評価された。なお、不確実性の評価手法の概要については別添7に記載している。

#### ■ 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

GPG（2000）に従った方法で、Tier 1 QC 活動を実施している。Tier 1 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 活動の詳細については、別添6.1に詳述している。

### e) 再計算

農業分野では3年平均を使用しているため、各作物の2010年度および2011年度の活動量の修正・更新により、2009年度および2010年度の排出量が変更された。

### f) 今後の改善計画及び課題

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

## 6.5.1.3. 窒素固定作物 (4.D.1.-)

## a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは、窒素固定作物が固定する窒素に伴う  $N_2O$  排出の算定を行う。

## b) 方法論

## ■ 算定方法

我が国の実測データを基に推定した窒素固定作物の固定する窒素量に、我が国独自の排出係数を乗じて排出量を算定する。

$$E = EF \times F_{BN} \times 44/28$$

E : 窒素固定作物による窒素固定に伴う  $N_2O$  排出量 [kg- $N_2O$ ]

EF : 排出係数 [kg- $N_2O$ - N/kg-N]

$F_{BN}$  : 窒素固定作物による窒素固定量 [kg-N]

## ■ 排出係数

我が国の実測結果から設定している合成肥料の施肥に伴う  $N_2O$  排出係数は、施肥由来の窒素と窒素固定作物の窒素固定量の両方を含めた排出量を基に設定されていることから、この合成肥料の施肥に伴う  $N_2O$  排出係数を窒素固定作物からの  $N_2O$  排出の排出係数とする。合成肥料の施肥に伴う排出係数は「水稻」、「茶」、「その他の作物」の3種類が設定されているが(表 6-36 参照)、対象となる作物を鑑み、「その他の作物」の排出係数 (0.0062 kg $N_2O$ -N/kgN) を用いることとした。

## ■ 活動量

1996年改訂ガイドラインでは、1年間に耕作される窒素固定作物による年間窒素固定量は窒素固定作物の地上部バイオマス中の窒素量で合理的に代替できるとされていることから、尾和(1996)の我が国の作物における収穫物中及び収穫物残渣中の窒素含有率データを使用し、以下の方法で窒素固定作物により固定された窒素量を把握した。対象となる作物は、大きく「豆類(乾燥子実)、野菜」と「マメ科の飼料作物」に分類される。

## ○ 豆類(乾燥子実)、野菜

窒素固定作物として、豆類(乾燥子実)の大豆、小豆、いんげん、らっかせい、及び野菜のさやいんげん、さやえんどう、そらまめ、えだまめ、を計上対象とする。

窒素固定作物により固定される窒素量 ( $F_{BN}$ ) は、GPG(2000)の Tier.1b : 式 4.26 を変形し、各窒素固定作物種の収穫量 ( $Crop_{BFi}$ ) に、我が国独自の研究データより設定した、収穫物中及び収穫物残渣中に含まれる収穫量比窒素量の値を乗じて設定する。

$$F_{BN} = \sum_i [Crop_{BFi} \times (Frac_{NCRBFi} + Frac_{NRESBFi})]$$

$F_{BN}$  : 窒素固定作物により固定された窒素量 [kg-N]

$Crop_{BFi}$  : 窒素固定作物 i の現物収穫量 [t]

$Frac_{NCRBFi}$  : 窒素固定作物 i の収穫物中に含まれる収穫量比窒素量 [kg-N/t]

$Frac_{NRESBFi}$  : 窒素固定作物 i の収穫物残渣中に含まれる収穫量比窒素量 [kg-N/t]

## ○ 飼料作物

我が国では、イネ科とマメ科の牧草が混播されており、統計情報としては、イネ科牧草単独と、イネ科・マメ科混播牧草の収穫量及び作付面積のみが把握できる。従って、マメ科牧

草単独の収穫量及び作付面積は直接把握できないことから、我が国の調査事例<sup>2</sup>等を基にした専門家判断により混播牧草地におけるマメ科牧草の割合を10%と便宜的に設定し、マメ科牧草の収穫量を推計した。

我が国の研究データでは、イネ科・マメ科混播牧草の刈り株及び根の養分含量のデータが存在しており、2006年 IPCC ガイドラインにおける窒素固定作物の算定では、地上部バイオマス残渣及び地下バイオマスによるすき込み量を対象にしていることも踏まえ、マメ科牧草による窒素固定量の計算では地上部収穫物バイオマス中窒素量の代わりに刈り株及び根の収穫物残渣中の窒素量を直接用いることとし、GPG (2000) の式 4.27 を変形した以下の式で推計を行なった。

$$F_{BN} = \sum_i [Crop_{BF} \times Frac_{NCBGF}]$$

- $F_{BN}$  : マメ科飼料作物により固定された窒素量 (kg-N)
- $Crop_{BF}$  : マメ科飼料作物の現物収穫量 (t)
- $Frac_{NCBGF}$  : マメ科飼料作物の地下部に含まれる収穫量比窒素量 (kg-N/t)

表 6-40 窒素固定作物の算定に用いたパラメータ

作物種	収穫量1トン当たりの窒素固定量 (kg-N/t)	乾物率
大豆	69.17	1.000
小豆	40.68	1.000
いんげん	50.13	1.000
らっかせい	63.00	1.000
さやいんげん	1.98* <sup>2</sup>	0.302* <sup>1</sup>
さやえんどう	2.65* <sup>2</sup>	0.302* <sup>1</sup>
そらまめ	9.57* <sup>1</sup>	0.302* <sup>1</sup>
えだまめ	9.57	0.302
マメ科牧草	2.74	0.200

\*1 えだまめの値を代用

\*2 えだまめの値を、それぞれの作物とえだまめの収穫物中窒素含有率比で換算して設定

### c) 不確実性と時系列の一貫性

#### ■ 不確実性

窒素固定作物が固定する窒素に伴う N<sub>2</sub>O 排出量は、作物種ごとに算定を行っていることから、作物種ごとに不確実性の評価を行い、それらを最終的に合成し総排出量の不確実性を算出した。排出係数の不確実性は、専門家判断と GPG (2000) に示されたデフォルト値などによる各パラメータの不確実性の合成により算出した。活動量に関しては「耕地及び作付面積統計」に示された畑地の標準誤差である 0.27%を使用した。その結果、窒素固定作物が固定する窒素に伴う N<sub>2</sub>O 総排出量の不確実性は 99%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。

<sup>2</sup>北海道立農業試験場による研究「北海道の採草地における牧草生産の現状と課題 I. 収量及び栄養価の現状」成績概要書 <http://www.agri.pref.hokkaido.jp/center/kenkyuseika/gaiyosho/h12gaiyo/20003161.htm>

## d) QA/QC と検証

GPG (2000) に従った方法で、Tier 1 QC 活動を実施している。Tier 1 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 活動の詳細については、別添 6.1 に詳述している。

## e) 再計算

農業分野では3年平均を使用しているため、各作物の2011年度の活動量の修正・更新により、2010年度の排出量が変更された。

## f) 今後の改善計画及び課題

混播牧草中のマメ科牧草の割合については今後更に精緻化が必要である。また、将来2006年 IPCC ガイドラインに従った算定方法に移行するためには、現状十分なデータがない地下部のすき込み情報を得る必要がある。これらの改善課題は将来的な検討課題とする。

## 6.5.1.4. 作物残渣 (4.D.1.-)

## 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

作物残渣の農用地の土壌への施用に伴う  $N_2O$  排出については、1996年改訂 IPCC ガイドラインに示される排出係数のデフォルト値に、作物残渣のすき込みによる窒素投入量を乗じて算定した。

$\begin{aligned} & \text{農用地の土壌への作物残渣のすき込みに伴う } N_2O \text{ 排出量 (kg-} N_2O) \\ & = \text{デフォルトの排出係数 [kg-} N_2O\text{-N/kg-N]} \times \text{作物残渣のすき込みによる窒素投入量 [kg-N]} \\ & \quad \times 44/28 \end{aligned}$
---

## ■ 排出係数

1996年改訂 IPCC ガイドライン及び GPG (2000) に示されているデフォルト値の排出係数、0.0125[kg $N_2O$ -N/kgN]を用いることとする。

## ■ 活動量

## 【稲】

稲の作物残渣すき込み量は、農林水産省が調査した稲わら・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。

## 【小麦、大麦】

小麦、大麦の全作物残渣中の窒素量は、年間作物収穫量 (農林水産省「作物統計」) に、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」を乗じて推計した。農地にすき込まれる作物残渣中の窒素量は全作物残渣中の窒素量と農林水産省が調査した麦稈の処理方法別作付面積から推計した作物残渣のうち農地にすき込まれる割合を乗じて推計した。

【稲、小麦、大麦、ライ麦（子実用）、オート麦（子実用）、茶以外の作物】

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、それに野焼きされる割合（1996年改訂 IPCC ガイドラインのデフォルト値：0.1）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、かんしょ、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、ばれいしょ、だいこん、たまねぎには北海道農政局（2010）のデータを、はくさい、レタスには尾和（1996）のデータを用いた。

「作物生産量に対する残渣中に含まれる窒素含有率」のデータがない作物については、種類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。飼肥料用作物についてはすき込まれない飼料用の面積は除いている。野焼きが行われないと考えられ、かつ「農業廃棄物の野焼き（4.F）」でも算定対象となっていない作物については、この「野焼きされる割合」をゼロとみなした。

$$\frac{\text{土壌にすき込まれた窒素量 [kg-N] (稲 (稲わら、もみがら))}{\text{年間残渣すき込み量 [t]} \times \text{作物残渣当たりの窒素量 [kg-N/t]}$$

$$\frac{\text{土壌にすき込まれた窒素量 [kg-N] (大麦、小麦)}{\sum_{\text{作物別}} \{ \text{年間作物収穫量 [t]} \times \text{作物収穫量に対するすき込み残渣の割合 [\%]} \times \text{作物生産量当たりの残渣中に含まれる窒素量 [kg-N/t]}$$

$$\frac{\text{土壌にすき込まれた窒素量 [kg-N] (ライ麦、オート麦、茶、稲、大麦、小麦以外)}{\sum_{\text{作物別}} \{ \text{年間作物収穫量 [t]} \times \text{作物生産量当たりの残渣中に含まれる窒素量 [kg-N/t]} \times (1 - \text{野焼きされる割合}) \}$$

表 6-41 主な作物の残渣/収穫物比、残渣中の窒素含有率及び収作物生産量当たりの残渣中に含まれる窒素量

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

- 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 55）
- b: 北海道農政局「北海道施肥ガイド 2010」（2010）（参考文献 56）
- c: 鹿児島県農業総合開発センター資料
- d: 尾和「我が国の農作物の栄養収支」（1996）（参考文献 33）
- e: 伊達昇「便覧 有機質肥料と微生物資材」（1988）（参考文献 59）



## 【ライ麦（子実用）、オート麦（子実用）】

1996年改訂 IPCC ガイドライン及び GPG（2000）に示されたデフォルト手法に従い、作物種ごとの年間生産量に、作物種ごとの作物生産量に対する残渣の比率、残渣の平均乾物率、野焼きされる割合を除いた割合、残渣の窒素含有率の値（表 6-44参照）を乗じることによって作物残渣のすき込みによる窒素投入量を設定することとする。

$$\begin{aligned} & \text{土壌にすき込まれた窒素量 [kg-N] (ライ麦、オート麦)} \\ & = \text{年間作物生産量[t]} \times \text{作物生産量に対する残渣の比率} \times \text{残渣の平均乾物率[t-dm/t]} \\ & \quad \times (1 - \text{野焼きされる割合}) \times \text{窒素含有率[t-N/t-dm]} \times 10^3 \end{aligned}$$

ライ麦・オート麦の収穫量は作付面積に単位面積当たり収穫量を乗じて算出する。作付面積は子実用、青刈り用及びその他に分かれる。対象となる作付面積は子実用のみであるが、統計にはライ麦の子実用が掲載されていない（平成4年産から調査中止）ため、便宜上統計に存在する「総作付面積」から「青刈り面積」を除いた面積を子実用の作付面積とする。

表 6-42 ライ麦、オート麦の作付面積（子実用）

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
ライ麦	kha	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
オート麦	kha	4.0	2.5	1.6	0.8	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4

（出典）農林水産省「耕地及び作付面積統計」より算出

表 6-43 ライ麦、オート麦の単位面積当り収穫量

作物	単位面積当り収穫量	備考
ライ麦	424 [kg/10a]	我が国におけるライ麦の試験結果による専門家判断によるデータ
オート麦	223 [kg/10a]	1994年度までしかデータが存在せず、1994年以前はほとんどの年度で主要県のデータのみのため、1994年の数値を一律に適用する。

表 6-44 作物生産量に対する残渣の比率、残渣の平均乾物率、窒素含有率

作物	残渣の比率	残渣の平均乾物率	窒素含有率	野焼きされる割合
ライ麦	2.84	0.90	0.0048	表 6-60 参照
オート麦	2.23	0.92	0.0070	表 6-60 参照
（出典）	専門家判断	GPG（2000） p4.58 Table4.16		農林水産省調査より算出

## 【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。

$$\begin{aligned} & \text{土壌にすき込まれた窒素量 [kg-N] (茶)} \\ & = (\text{秋整枝による残渣量[kg-N/10a]} + \text{落葉による残渣量[kg-N/10a]}) \times 10 \times \text{茶栽培面積[ha]} \\ & \quad + \text{中切りによる残渣量[kg-N/10a]} \times 10 \times 1/5 \times \text{茶作付面積[ha]} \end{aligned}$$

表 6-45 剪枝された残渣部の窒素含有量

剪枝の種類		窒素含有量 (kgN/10a)	出典
秋整枝	毎年	7.7	保科ら (1982) (参考文献 51)、木下ら (2005) (参考文献 52)、橋ら (1996) (参考文献 53)
中切り	5年に一度	19.4	太田ら (1996) (参考文献 54)
落葉	毎年	11.5	保科ら (1982) (参考文献 51)

## c) 不確実性と時系列の一貫性

## ■ 不確実性

作物別に算定方法が異なることから、不確実性の評価も作物別に行った。

ライ麦・オート麦以外の作物の排出係数の不確実性は、専門家判断と GPG (2000) に示されたデフォルト値などによる各パラメータの不確実性の合成により、作物ごとに算出した。ライ麦・オート麦の排出係数の不確実性についても、専門家判断と GPG (2000) に示されたデフォルト値などによる各パラメータの不確実性の合成により算出し、ライ麦は 388%、オート麦は 392%となった。

活動量の不確実性は、「耕地及び作付面積統計」および「作物統計」に示された標準誤差を用い、茶は 0.27%、その他の作物は 0.31%とした。

最終的に各作物の不確実性を合成した総排出量の不確実性は 211%と評価された。

なお、不確実性の評価手法の概要については別添 7 に記載している。

## ■ 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

GPG (2000) に従った方法で、Tier 1 QC 活動を実施している。Tier 1 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。

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

稲 (稲わら・もみがら) の窒素含有率の値を改訂したため、すべての年度の排出量が更新された。また、農業分野では 3 年平均を使用しているため、2010 年度の排出量については、各作物の 2011 年度の活動量の修正・更新による影響もある。

## f) 今後の改善計画及び課題

排出係数について我が国独自の排出係数が使用できるよう、検討が必要である。

## 6.5.1.5. 有機質土壌の耕起 (4.D.1.-)

## 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 年代までには

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

1996年改訂 IPCC ガイドライン及び GPG (2000) に従い、耕起された有機質土壌の水田面積及び普通畑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。

$$\begin{aligned} & \text{有機質土壌の耕起に伴う N}_2\text{O 排出量 [kg-N}_2\text{O]} \\ & = \text{有機質土壌の耕起の排出係数[kg-N}_2\text{O-N/ha]} \times \text{耕起された有機質土壌の面積[ha]} \times 44/28 \end{aligned}$$

### ■ 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 [kgN<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、GPG (2000) に示された温帯におけるデフォルト値 8[kgN<sub>2</sub>O-N/ha/年](GPG (2000) p4.60 Table4.17)と大きな違いはないことから、GPG (2000) のデフォルト値を利用する。

### ■ 活動量

耕起された有機質土壌の面積は、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）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乗じることにより設定する。なお、有機質土壌の割合は高田ら（2009）より作成したデータを用いた。

表 6-46 有機質土壌の割合

種別	～1991	1992	1997	2001	2002～
水田	5.85%	<b>5.85%</b>	6.02%	<b>6.15%</b>	6.15%
畑地	1.94%	<b>1.94%</b>	2.01%	<b>2.07%</b>	2.07%

※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 48) より作成

表 6-47 有機質土壌面積

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
有機質土壌面積 (水田)	kha	166.5	163.3	161.5	157.2	154.7	154.1	153.5	152.2	151.8
有機質土壌面積 (畑地)	kha	24.7	24.3	24.4	24.3	24.2	24.2	24.2	24.1	24.1

## c) 不確実性と時系列の一貫性

### ■ 不確実性

有機質土壌の耕起に伴う N<sub>2</sub>O の排出は、水田からの排出と畑地からの排出からなっているため、これら 2 つの区分ごとに不確実性の評価を行い、最終的に両者を合成して総排出量の不確実性を算出した。

排出係数の不確実性については、GPG（2000）の設定値及び文献値または出典のデータから算出した各パラメータの不確実性を合成し算出した。その結果、水田は248%、畑地は900%となった。

活動量の不確実性は「耕地及び作付面積統計」の標準誤差を使用し、水田は0.11%、畑地は0.27%と設定した。最終的に総排出量の不確実性は712%と評価された。なお、不確実性の評価手法の概要については別添7に記載している。

#### ■ 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

GPG（2000）に従った方法で、Tier 1 QC 活動を実施している。Tier 1 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 活動の詳細については、別添 6.1 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

我が国独自の水田の排出係数を使用している。しかし、排出量の二重計上を避けるためにわらの作物残さのすき込み分や収穫後に地面に残っている刈り株分の影響を排除する必要があるなど課題が残っている。デフォルト値を使用している普通畑の排出係数も含めて、より国内の実態に合った排出係数を設定できるよう、さらに精査を進めていく必要がある。

#### 6.5.1.6. 直接排出（CH<sub>4</sub>）（4.D.1.-）

CH<sub>4</sub> 生成菌は絶対嫌気性菌であり、土壌が嫌氣的に保たれなければ CH<sub>4</sub> は生成されない。畑の土壌は通常好氣的であるため、畑の土壌では CH<sub>4</sub> が生成されない。このため、土壌からの CH<sub>4</sub> の直接排出は「NA」として報告した。

#### 6.5.2. 牧草地・放牧場・小放牧地の排せつ物（4.D.2.）

牛の牧草地・放牧場・小放牧地の排せつ物からの CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 排出量の算定方法は「6.3.1. 家畜排せつ物の管理 牛、豚、家禽類（4.B.1., 4.B.8., 4.B.9.）」でまとめて記述している。なお、N<sub>2</sub>O 排出量は 4.D.2. で計上している。

#### 6.5.3. 間接排出（4.D.3.）

##### 6.5.3.1. 大気沈降（4.D.3.-）

#### a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは合成肥料及び家畜ふん尿から 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

GPG (2000) のデシジョンツリー (Page 4.69, Fig.4.8) に従い、N<sub>2</sub>O 排出量の算定を行った。

大気沈降に伴う N<sub>2</sub>O 排出の算定式

大気沈降による N<sub>2</sub>O 排出量 [kg-N<sub>2</sub>O]  
 = 排出係数 [kg-N<sub>2</sub>O-N/kg-NH<sub>3</sub>-N+NO<sub>x</sub>-N]  
 × 合成肥料及び家畜ふん尿から 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] × 44/28

## ■ 排出係数

当該排出区分の排出係数については、1996年改訂 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値を用いた。

表 6-48 大気沈降に伴う N<sub>2</sub>O 排出の排出係数

	排出係数 [kg-N <sub>2</sub> O-N/kg-NH <sub>3</sub> -N & NO <sub>x</sub> -N deposited]
大気沈降に伴う N <sub>2</sub> O 排出	0.01

(出典) 1996年改訂 IPCC ガイドライン Vol.2 Table4-18 (GPG (2000) Page 4.73 Table4.18)

## ■ 活動量

活動量は下記の式で示したように、農用地土壌に施用された合成肥料から 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>)、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 (N<sub>D</sub> × Frac<sub>GASM1</sub>)、農用地土壌に施用された家畜排せつ物から NH<sub>3</sub> や NO<sub>x</sub> として揮発した窒素量 (N<sub>D</sub> × Frac<sub>GASM2</sub>)、農用地土壌に施用された人間のし尿から NH<sub>3</sub> や NO<sub>x</sub> として揮発した窒素量 (N<sub>FU</sub> × Frac<sub>GASM2</sub>) で構成されている。

$$A = N_{FERT} \times Frac_{GASF} + N_B \times Frac_{GASM1} + N_D \times Frac_{GASM2} + N_{FU} \times Frac_{GASM2}$$

A : 合成肥料、家畜排せつ物および人間のし尿から 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>FERT</sub> : 合成窒素肥料需要量 (kg-N)

Frac<sub>GASF</sub> : 合成肥料から 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>B</sub> : 家畜から排せつされた窒素量 (kg-N)

Frac<sub>GASM1</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)

N<sub>D</sub> : 農用地に施用された家畜排せつ物由来肥料中の窒素量 (kg-N)

N<sub>FU</sub> : 農用地に施用された人間のし尿由来肥料中の窒素量 (kg-N)

Frac<sub>GASM2</sub> : 農用地に施用された家畜排せつ物及び人間のし尿中の窒素のうち 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)

○ 農用地土壌に施用された合成肥料から 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>) は農林水産省「ポケット肥料要覧」に示された「窒素肥料需要量」を用い、揮散割合 (Frac<sub>GASF</sub>) は下記の表 6-49に示した 1996年改訂 IPCC ガイドラインのデフォルト値を用いた。

表 6-49 合成肥料及び家畜排せつ物中の窒素から 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>	0.1	[kg-NH <sub>3</sub> -N + NO <sub>x</sub> -N/kg of synthetic fertilizer nitrogen applied]
Frac <sub>GASM</sub>	0.2	[kg-NH <sub>3</sub> -N + NO <sub>x</sub> -N/kg of nitrogen excreted by livestock]

(出典) 1996年改訂 IPCC ガイドライン Vol.2 Table4-17

○ 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 (N<sub>B</sub> × Frac<sub>GASM1</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は、各家畜の窒素排せつ量に、NH<sub>3</sub> や NO<sub>x</sub> として揮発する割合を乗じて算出した。家畜排せつ物から揮発する NH<sub>3</sub> や NO<sub>x</sub> の割合については、NO<sub>x</sub> の揮発割合が不明なため NH<sub>3</sub> の揮発割合と合わせて、(社) 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」に掲載の「家畜ふん尿からの NH<sub>3</sub> 推定揮散率」を使用することとした。

なお、放牧牛の排せつ物からの揮散量についても表 6-50に示した係数を用いた。

表 6-50 家畜糞尿からのアンモニア推定揮散率

家畜種	値
乳用牛、肉用牛	10%
豚	20%
採卵鶏、ブロイラー	30%

(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 22)

○ 農用地土壌に施用された家畜排せつ物から NH<sub>3</sub> や NO<sub>x</sub> として揮発した窒素量 (N<sub>D</sub> × Frac<sub>GASM2</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>D</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、放牧牛 (乳用牛・肉用牛) の排せつ物中に含まれる窒素量 (N<sub>PRP</sub>)、大気中に N<sub>2</sub>O として揮発する窒素量 (放牧牛を除く) (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 (放牧牛を除く) (N<sub>NH3+NOx</sub>)、「焼却」・「浄化」処理に含まれる窒素量 (N<sub>inc+waa</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>waste</sub>) を除いた量を使用した。

なお、水牛、めん羊、山羊、馬については、排せつ物の量が極少量であることに加えて、我が国の NH<sub>3</sub>+NO<sub>x</sub> 揮散率が不明であるため、大気中に揮発する N<sub>2</sub>O 排出量を除く全量が農地に還元されるとして計算した。

NH<sub>3</sub>+NO<sub>x</sub> 揮散割合 (Frac<sub>GASM2</sub>) は上記の表 6-49に示した 1996 年改訂 IPCC ガイドラインのデフォルト値 (Frac<sub>GASM</sub>) を用いた。

$$N_D = N_{Total-AW} - N_{PRP} - N_{N2O} - N_{NH3+NOx} - N_{inc+waa} - N_{waste}$$

- N<sub>D</sub> : 農用地に施用された家畜排せつ物由来肥料中の窒素量 [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> : 放牧牛 (乳用牛・肉用牛) の排せつ物中に含まれる窒素量[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 (放牧牛を除く) [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 (放牧牛を除く) [kg-NH<sub>3</sub>-N+NO<sub>x</sub>-N]
- N<sub>inc+waa</sub> : 「焼却」及び「浄化」処理された窒素量 [kg-N]
- N<sub>waste</sub> : 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]

放牧牛 (乳用牛・肉用牛) の排せつ物中に含まれる窒素量 (N<sub>PRP</sub>)、大気中に N<sub>2</sub>O として揮発する窒素量 (放牧牛を除く) (N<sub>N2O</sub>)、「焼却」・「浄化」処理に含まれる窒素量 (N<sub>inc+waa</sub>) は 4.B.家畜排せつ物処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<sub>waste</sub>) 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。

直接最終処分される排せつ物は埋立前にふんと尿の混合状態で留め置かれる状態になるため、各家畜について、「ふん尿混合」の「貯留」処理される排せつ物の一部が「直接最終処分」として（採卵鶏、ブロイラーについては、「ふん」の「堆積発酵」処理の一部が直接最終処分されるとした）。

直接最終処分された家畜排せつ物中の窒素量 ( $N_{waste}$ ) は、次式のように算出した。「直接最終処分量と処理後最終処分量の合計値」は「廃棄物の広域移動対策検討調査及び廃棄物等循環的利用実態調査報告書」で示された値を用いた。「貯留（混合）されたふん尿中の平均窒素含有率」は貯留（混合）されたふん尿中の窒素量と貯留（混合）されたふん尿量から算定した（採卵鶏・ブロイラーは「ふん-堆積発酵」処理されるふん中に含まれる窒素量から算定）。

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「8.2.1. 管理処分場からの排出（6.A.1.）」の算定に含まれている。

直接最終処分された家畜排せつ物中の窒素量 ( $N_{waste}$ )

= 直接最終処分量と処理後最終処分量の合計値

× 貯留（混合）されたふん尿中の平均窒素含有率

= 直接最終処分量と処理後最終処分量の合計値

× 貯留（混合）されたふん尿中の窒素量 / 貯留（混合）された排せつ物量

表 6-51 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 ( $N_D$ ) (単年値)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
ふん尿中の窒素総量 ( $N_{Total-AW}$ )	tN	804,985	763,498	722,424	697,456	703,717	697,904	686,640	683,724	681,867
放牧牛のふん尿中の窒素総量 ( $N_{PRP}$ )	tN	5,881	5,688	5,259	5,007	4,828	5,986	5,839	5,808	5,792
大気中に $N_2O$ として排出される窒素量 (浄化・焼却以外) ( $N_{N2O}$ )	tN	8,975	8,525	8,018	7,735	7,823	8,124	7,972	7,932	7,911
大気中に $NH_3$ 、 $NO_x$ として排出される窒素量 ( $N_{NH3+NOx}$ )	tN	145,894	138,305	130,916	126,544	128,185	117,547	116,133	115,643	115,328
浄化・焼却によって 消失する窒素量 ( $N_{inc+waa}$ )	tN	69,165	60,416	58,032	56,783	58,274	97,665	97,148	97,176	96,911
埋立され消失する窒素量 ( $N_{waste}$ )	tN	487	462	428	416	444	796	595	611	611
農用地に肥料として還元される窒素量 ( $N_D$ )	tN	574,582	550,103	519,770	500,972	504,163	467,787	458,953	456,553	455,314

○ 農用地土壌に施用された人間のし尿から  $NH_3$  や  $NO_x$  として揮発した窒素量 ( $N_{FU} \times \text{Frac}_{GASM2}$ )

「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 ( $N_{FU}$ ) に上記の表 6-49で示した揮発割合 ( $\text{Frac}_{GASM}$ ) を乗じて把握した。

表 6-52 し尿から農用地へ還元される窒素量 ( $N_{FU}$ )

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
し尿から農用地へ還元される窒素量	tN	10,394	4,747	2,116	874	1,702	457	427	428	427

表 6-53 合成肥料および家畜排せつ物から NH<sub>3</sub>+NO<sub>x</sub> として揮散した窒素量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
農用地土壌に施用された合成肥料から NH <sub>3</sub> やNO <sub>x</sub> として揮散した窒素量 (N <sub>FERT</sub> ×Frac <sub>GASF</sub> )	t(NH <sub>3</sub> -N+NO <sub>x</sub> -N)	61,196	52,752	48,741	47,119	36,006	35,014	40,390	40,390	40,390
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 (N <sub>D</sub> ×Frac <sub>GASMI</sub> )	t(NH <sub>3</sub> -N+NO <sub>x</sub> -N)	146,482	138,873	131,442	127,045	128,668	118,145	116,717	116,224	115,907
農用地土壌に施用された家畜排せつ物からNH <sub>3</sub> やNO <sub>x</sub> として揮散した窒素量 (N <sub>D</sub> ×Frac <sub>GASM2</sub> )	t(NH <sub>3</sub> -N+NO <sub>x</sub> -N)	114,916	110,021	103,954	100,194	100,833	93,557	91,791	91,311	91,063
農用地土壌に施用された人間のし尿からNH <sub>3</sub> やNO <sub>x</sub> として揮散した窒素量 (N <sub>FU</sub> ×Frac <sub>GASM2</sub> )	t(NH <sub>3</sub> -N+NO <sub>x</sub> -N)	2,079	949	423	175	340	91	85	86	85
合成肥料、家畜排せつ物および人間のし尿からNH <sub>3</sub> +NO <sub>x</sub> として揮散した窒素量 (合計) (A)	t(NH <sub>3</sub> -N+NO <sub>x</sub> -N)	324,673	302,595	284,560	274,533	265,847	246,808	248,983	248,011	247,445

## c) 不確実性と時系列の一貫性

## ■ 不確実性

大気沈降に伴う N<sub>2</sub>O の排出は、施用された合成肥料による排出と家畜排せつ物（し尿を含む）による排出からなっているため、これらの2つの区分について不確実性の評価を行い、最終的にそれらを合成し、総排出量の不確実性を算出した。

排出係数の不確実性は、GPG（2000）のデフォルト値や専門家判断による各パラメータの不確実性を合成し、合成肥料の施用は107%、家畜排せつ物の施用は71%とした。活動量の不確実性は、合成肥料の施用は「6.5.1.1.直接排出（合成肥料）」と同様の数字を設定し、家畜排せつ物の施用は「6.3.1.牛、豚、家禽類（家畜排せつ物分野）」などから計算で算出した。最終的に合成された総排出量の不確実性は75%と評価された。なお、不確実性の評価手法の概要については別添7に記載している。

## ■ 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

GPG（2000）に従った方法で、Tier 1 QC 活動を実施している。Tier 1 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 活動の詳細については、別添 6.1 に詳述している。

## e) 再計算

家畜排せつ物の管理（4.B.）での放牧牛の算定方法の改定に伴い、農地に還元される家畜排せつ物由来の窒素量も変化し、このカテゴリーのすべての年度の排出量が更新された。

## f) 今後の改善計画及び課題

排出係数や合成肥料施用窒素分の揮発率などについて、我が国独自の数値が設定出来るよう、検討が必要である。



## 6.5.3.2. 窒素溶脱・流出 (4.D.3.-)

## 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、GPG (2000) のデシジョンツリー (Page 4.69, Fig.4.8) に従い、我が国独自の排出係数に、溶脱・流出した窒素量を乗じて算定を行なった。

$$\text{窒素溶脱・流出に伴う N}_2\text{O 排出量 [kg-N}_2\text{O]} \\ = \text{窒素の溶脱及び流出に伴う排出係数 [kg-N}_2\text{O-N/kg-N]} \times \text{溶脱・流出した窒素量 [kg-N]} \times 44/28$$

## ■ 排出係数

我が国独自の排出係数を使用して排出量を算定する。

表 6-54 窒素溶脱・流出に伴う N<sub>2</sub>O 排出の排出係数

	[kg-N <sub>2</sub> O-N/kg-N]
窒素溶脱・流出に伴う N <sub>2</sub> O 排出	0.0124

(出典) Sawamoto et al., Evaluation of emission factors for indirect N<sub>2</sub>O emission due to nitrogen leaching in agro-ecosystems. (参考文献 35)

## ■ 活動量

大気沈降で算定した合成肥料及び農用地に施用される家畜ふん尿中の窒素量に、1996 年改訂 IPCC ガイドラインに示されたデフォルトの溶脱・流出割合を乗じて算定した。

表 6-55 Frac<sub>LEACH</sub>：施用した窒素のうち溶脱・流出する割合

値	単位
0.3	[kg-N/kg nitrogen of fertilizer or manure]

(出典) 1996 年改訂 IPCC ガイドライン Vol.2 Table4-17

## c) 不確実性と時系列の一貫性

## ■ 不確実性

窒素溶脱・流出に伴う N<sub>2</sub>O の排出は、施用された合成肥料による排出と家畜排せつ物 (し尿を含む) による排出からなっているため、これらの 2 つの区分について不確実性の評価を行い、最終的にそれらを合成し、総排出量の不確実性を算出した。

排出係数の不確実性は、GPG (2000) のデフォルト値や専門家判断による各パラメータの不確実性を合成し、合成肥料の施用、家畜排せつ物の施用とも 113% とした。活動量の不確実性は、「6.5.3.1. 大気沈降」と同様に設定した。最終的に合成された総排出量の不確実性は 97% と評価された。なお、不確実性の評価手法の概要については別添 7 に記載している。

## ■ 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

GPG (2000) に従った方法で、Tier 1 QC 活動を実施している。Tier 1 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 活動の詳細については、別添 6.1 に詳述している。

## e) 再計算

家畜排せつ物の管理 (4.B.) での放牧牛の算定方法の改定に伴い、農地に還元される家畜排せつ物由来の窒素量も変化し、このカテゴリーのすべての年度の排出量が更新された。

## f) 今後の改善計画及び課題

「6.5.3.1.大気沈降」と同様。

6.5.3.3. 間接排出 (CH<sub>4</sub>) (4.D.3.-)

土壌からの CH<sub>4</sub> の直接排出はないため、畑地土壌からの CH<sub>4</sub> の間接排出もない。このため、直接排出と同様、「NA」として報告した。

また、大気沈降、窒素溶脱・流出以外の排出源については、農耕地土壌からの CH<sub>4</sub> の排出源として、土壌からの直接排出、家畜生産、間接排出以外に対象となる排出源が考えられないため、「NO」として報告した。

## 6.5.4. その他 (4.D.4)

農用地土壌からの CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O の排出源として、我が国では土壌からの直接排出、間接排出以外に対象となる排出源が考えられないため、「NO」として報告する。

## 6.6. サバンナを計画的に焼くこと (4.E.)

当該排出区分では、1996年改訂 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」として報告した。

## 6.7. 野外で農作物の残留物を焼くこと (4.F.)

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。

2011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 56 Gg-CO<sub>2</sub> 換算、N<sub>2</sub>O が 15 Gg-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 0.004%、0.001% を占めている。また、1990年度の排出量と比較するとそれぞれ 44.6%、43.5% の減少となっている。

表 6-56 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	2008	2009	2010	2011	
CH <sub>4</sub>	4.F.1. 穀物	小麦	Gg-CH <sub>4</sub>	0.42	0.23	0.30	0.40	0.36	0.29	0.24	0.25
		大麦	Gg-CH <sub>4</sub>	0.15	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.05
		とうもろこし	Gg-CH <sub>4</sub>	1.89	1.66	1.48	1.32	1.37	1.38	1.36	1.37
		オート麦	Gg-CH <sub>4</sub>	0.02	0.02	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02
		ライ麦	Gg-CH <sub>4</sub>	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001
		稲	Gg-CH <sub>4</sub>	2.06	2.27	1.53	1.06	0.86	0.79	0.77	0.77
	4.F.2. 豆類	えんどう豆	Gg-CH <sub>4</sub>	0.008	0.006	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
		大豆	Gg-CH <sub>4</sub>	0.08	0.04	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.07
		その他(小豆)	Gg-CH <sub>4</sub>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
		その他(いんげん豆)	Gg-CH <sub>4</sub>	0.005	0.005	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002
		その他(らっかせい)	Gg-CH <sub>4</sub>	0.008	0.007	0.006	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004
	4.F.3. 根菜類	ばれいしょ	Gg-CH <sub>4</sub>	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
		その他(てんさい)	Gg-CH <sub>4</sub>	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05
	4.F.4. さとうきび	Gg-CH <sub>4</sub>	0.06	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
	合計	Gg-CH <sub>4</sub>		4.8	4.5	3.7	3.1	2.9	2.8	2.7	2.7
		Gg-CO <sub>2</sub> 換算		101	94	77	65	62	58	56	56
N <sub>2</sub> O	4.F.1. 穀物	小麦	Gg-N <sub>2</sub> O	0.006	0.003	0.005	0.006	0.005	0.004	0.004	0.004
		大麦	Gg-N <sub>2</sub> O	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		とうもろこし	Gg-N <sub>2</sub> O	0.027	0.024	0.021	0.019	0.020	0.020	0.020	0.020
		オート麦	Gg-N <sub>2</sub> O	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001
		ライ麦	Gg-N <sub>2</sub> O	0.00006	0.00006	0.00009	0.00008	0.00006	0.00005	0.00004	0.00004
		稲	Gg-N <sub>2</sub> O	0.039	0.043	0.030	0.020	0.016	0.015	0.015	0.014
	4.F.2. 豆類	えんどう豆	Gg-N <sub>2</sub> O	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
		大豆	Gg-N <sub>2</sub> O	0.003	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003
		その他(小豆)	Gg-N <sub>2</sub> O	0.0009	0.0008	0.0007	0.0007	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
		その他(いんげん豆)	Gg-N <sub>2</sub> O	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	4.F.3. 根菜類	その他(らっかせい)	Gg-N <sub>2</sub> O	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
		ばれいしょ	Gg-N <sub>2</sub> O	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	4.F.4. さとうきび	その他(てんさい)	Gg-N <sub>2</sub> O	0.004	0.003	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003
		Gg-N <sub>2</sub> O		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	合計	Gg-N <sub>2</sub> O		0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05
		Gg-CO <sub>2</sub> 換算		27	26	22	18	17	16	15	15
全ガス合計	Gg-CO <sub>2</sub> 換算		128	120	99	84	79	75	71	71	

## 6.7.1. 稲、小麦、大麦、ライ麦、オート麦 (4.F.1.)

## a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは、水稻、小麦、大麦、ライ麦、オート麦の野焼きによって発生する CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O の排出の算定を行う。

## 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、1996 年改訂 IPCC ガイドライン及び GPG (2000) に示されたデフォルトの方法を用い、野焼きに伴い放出される炭素量、窒素量にそれぞれ CH<sub>4</sub> 排出係数、N<sub>2</sub>O 排出係数を乗じて算定した。

小麦、大麦、ライ麦、オート麦は子実用、青刈り用の 2 種類が栽培されているが、青刈り用のうち地上部全てを牛の餌として利用する飼料用は除いて排出量を計算する。

$$\begin{aligned} & \text{農作物の野焼きに伴う CH}_4 \text{ 排出量}[\text{kg-CH}_4] \\ & = \text{CH}_4 \text{ 排出係数}[\text{kg-CH}_4\text{-C / kg-C}] \times \text{全炭素放出量}[\text{kg-C}] \times 16 / 12 \end{aligned}$$

$$\text{農作物の野焼きに伴う } N_2O \text{ 排出量} [kg-N_2O] \\ = N_2O \text{ 排出係数} [kg-N_2O-N / kg-N] \times \text{全窒素放出量} [kg-N] \times 44 / 28$$

■ 排出係数

1996年改訂 IPCC ガイドライン及び GPG (2000) に示されたデフォルト値を用いた。

表 6-57 水稻、小麦、大麦、ライ麦、オート麦の野焼きに伴う CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 排出の排出係数

	値	単位
CH <sub>4</sub>	0.005	[kg-CH <sub>4</sub> -C/kg-C]
N <sub>2</sub> O	0.007	[kg-N <sub>2</sub> O-N/kg-N]

(出典) 1996年改訂 IPCC ガイドライン Vol.2 Table4-16

■ 活動量

【稲以外】

1996年改訂 IPCC ガイドライン及び GPG (2000) に示されたデフォルトの方法に従い、作物収穫量に「作物収穫量に対する残渣の比率」、「残渣の平均乾物率」、「野焼きされる割合」、「酸化率」、「残渣の炭素含有率（または窒素含有率）」を乗じ、残渣からの全炭素（窒素）放出量を算定した。

$$\text{農作物の野焼きに伴う全炭素放出量、全窒素放出量} [kg-C, kg-N] \\ = (\text{年間作物収穫量} [t]) \times (\text{作物収穫量に対する残渣の比率}) \times (\text{残渣の平均乾物率} [t-dm/t]) \\ \times (\text{野焼きされる割合}) \times (\text{酸化率}) \\ \times (\text{残渣の炭素含有率または窒素含有率} [t-C/t-dm, t-N/t-dm]) \times 10^3$$

【稲】

稲の野焼きされる作物残渣量は、農林水産省が調査した、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。作物残渣中の窒素量は、このデータに我が国独自の作物別の養分収支データ（伊達、1988）の窒素含有率（単位：kg-N/t）を乗じ推計した。この焼却処理される稲わら・もみがらの量に、「残渣の平均乾物率」、「酸化率」、「残渣の炭素含有率（または窒素含有率）」を乗じ、残渣からの全炭素（窒素）放出量を算定した。

$$\text{農作物の野焼きに伴う全炭素放出量、全窒素放出量} [kg-C, kg-N] \text{ (稲)} \\ = (\text{焼却処理される稲わら・もみがらの量} [t]) \times (\text{残渣の平均乾物率} [t-dm/t]) \times (\text{酸化率}) \\ \times (\text{残渣の炭素含有率または窒素含有率} [t-C/t-dm, t-N/t-dm]) \times 10^3$$

表 6-58 焼却処理される稲わら及びもみがら量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
稲わら	kt	438.2	536.9	429.1	276.6	183.9	163.5	149.3	149.3	149.3
もみがら	kt	581.3	528.3	291.3	260.3	209.9	206.0	212.9	212.9	212.9
計	kt	1,019.5	1,065.2	720.4	536.9	393.8	369.4	362.2	362.2	362.2

(出典) 農林水産省調査

○ 年間作物収穫量

【小麦・大麦（子実用）】

小麦・大麦（子実用）の収穫量は「作物統計」に記載された値を用いた。

【小麦・大麦（青刈り用）】

青刈り用（飼料用除く）小麦・大麦の収穫量は直接把握できないため、「耕地及び作付面積統計」に示された青刈りその他麦の作付面積に、ライ麦・オート麦の青刈り用（飼料用除く）

で設定した単位面積当りの収穫量を乗じ全体の収穫量を算出し、それを小麦・大麦の子実用の収穫量で按分した。

#### 【ライ麦・オート麦】

ライ麦、オート麦の収穫量は直接把握できないため、「耕地及び作付面積統計」を基に示されたライ麦、オート麦の作付面積に、単位面積あたり収穫量を乗じて計算した。

表 6-59 ライ麦・オート麦の単位面積あたり収穫量[kg/10a]

作物種	単位面積あたり収穫量	出典
ライ麦(子実用)	424	専門家判断(我が国のライ麦の試験結果を基に設定)
オート麦(子実用)	223	農林水産省「作物統計」(参考文献 14)
ライ麦・オート麦 (青刈り用)	1,100	専門家判断(文献等を基に設定)

#### ○ 作物収穫量に対する残渣の比率、残渣の平均乾物率、炭素含有率、野焼きされる割合、酸化率

麦類の野焼きされる割合については、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 6-60 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。その他の各作物におけるパラメータは表 6-61 の通りに設定した。

表 6-60 麦類の野焼きされる割合

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
焼却割合	%	13.5	13.5	13.5	13.5	12.5	11.6	10.6	9.5	9.5

※農林水産省調査より算出

#### ○ 窒素含有率

稲、小麦、大麦、オート麦(青刈り用)の窒素含有率は我が国の研究結果を用いて、それぞれに独自の数値を設定した。小麦・大麦の青刈り用の窒素含有率は小麦、大麦の窒素含有率を収穫量で加重平均して求めた。ライ麦、オート麦の子実用の窒素含有率は GPG (2000) のデフォルト値を用いた。ライ麦(青刈り用)の窒素含有率は、我が国独自のオート麦(青刈り用)の数値に、ライ麦(子実用)/オート麦(子実用)を乗じて求めた。

表 6-61 作物収穫量に対する残渣の比率、残渣の平均乾物率、炭素含有率、酸化率

作物	残渣の比率	残渣の平均乾物率	炭素含有率	窒素含有率	酸化率
稲(稲わら)	---	0.85 <sup>a</sup>	0.4144 <sup>a</sup>	0.00541 <sup>j</sup>	0.90 <sup>b</sup>
稲(もみがら)	---	0.85 <sup>a</sup>	0.4144 <sup>a</sup>	0.00423 <sup>j</sup>	
小麦(子実用)	1.39 <sup>i</sup>	0.85 <sup>a</sup>	0.4853 <sup>a</sup>	0.00368 <sup>i</sup>	
大麦(子実用)	1.39 <sup>i</sup>	0.85 <sup>a</sup>	0.4567 <sup>a</sup>	0.00368 <sup>i</sup>	
小麦・大麦(青刈り用)	---	0.17 <sup>c</sup>	0.48 <sup>d,g</sup>	0.017 <sup>h,g</sup>	
ライ麦	2.84 <sup>e</sup>	0.90 <sup>c</sup>	0.4710 <sup>f</sup>	0.0048 <sup>f</sup>	
オート麦	2.23 <sup>e</sup>	0.92 <sup>c</sup>	0.4710 <sup>f</sup>	0.007 <sup>f</sup>	
ライ麦(青刈り用)	---	0.17 <sup>c</sup>	0.4710 <sup>f</sup>	0.0116 <sup>h</sup>	
オート麦(青刈り用)	---	0.17 <sup>c</sup>	0.4710 <sup>f</sup>	0.0169 <sup>h</sup>	

a: GPG (2000) p4.58 Table4.16

b: 農林水産省調査

c: 日本標準飼料成分表(農業技術研究機構)に掲載の青刈り麦類の乾物率を基に設定

d: GPG (2000)の小麦(子実用)、大麦(子実用)の値を収穫量で按分して設定

e: 我が国のライ麦・オート麦の試験結果を基に設定

f: GPG (2000), 「Wheat」, 「Barley」の平均を利用

g: 経年的に数値が変化する

h: 尾和「我が国の農作物の栄養収支」(1996)(参考文献 33)

- i: 松本「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 55)
- j: 伊達「便覧 有機質肥料と微生物資材」(1988) (参考文献 59)

### c) 不確実性と時系列の一貫性

#### ■ 不確実性

不確実性評価はそれぞれの作物別に行った。排出係数の不確実性は専門家判断や GPG (2000) のデフォルト値による各パラメータの不確実性を合成し、算出した。活動量の不確実性は作物ごとに、それぞれ使用している統計(「作物統計」、「耕地及び作付面積統計」)の標準誤差、もしくは平成 14 年度の算定方法検討会での設定値を用いた。各作物の排出量の不確実性評価結果は別添 7 表 11 に記載されている。なお、不確実性の評価手法の概要については別添 7 に記載している。

#### ■ 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

GPG (2000) に従った方法で、Tier 1 QC 活動を実施している。Tier 1 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。

2012 年度の算定方法検討会農業分科会は、稲の窒素含有率について精査を実施した。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) の値を用いるという決定をおこなった。

### e) 再計算

稲わら・もみがらの窒素含有率の値を改訂したため、全年度の排出量が更新された。また、農業分野では 3 年平均を使用しているため、2011 年度の活動量の修正・更新により、2010 年度の排出量に変更された。

### f) 今後の改善計画及び課題

排出係数等、1996 年改訂 IPCC ガイドライン及び GPG (2000) のデフォルト値を使用している各種パラメータについて、我が国独自の数値が設定出来るよう検討が必要である。

## 6.7.2. その他の作物 (4.F.1., 4.F.2., 4.F.3., 4.F.4.)

### a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは、とうもろこし、えんどう豆、大豆、小豆、いんげん、らっかせい、ばれいしょ、その他根菜類(てんさい)、さとうきびの焼却に伴う CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 排出の算定を行う。

### b) 方法論

#### ■ 算定方法

CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 排出については、GPG (2000) のデシジョンツリー (Page 4.52, Fig.4.6) に従い、デフォルトの方法によって算出した全炭素放出量または全窒素放出量に、排出係数を乗じて排出量の算定を行なった。

## ■ 排出係数

水稻、小麦、大麦の野焼きと同様のデフォルトの排出係数(表 6-57)を用いた。

## ■ 活動量

農林水産省「作物統計」及び農林水産省「野菜等生産出荷統計」に示された各種作物の生産量に、以下の算定式に表 6-62に示したパラメータを乗じて活動量を算定した。

$$\begin{aligned} & \text{農作物の野焼きに伴う全炭素放出量 [kg-C] (ばれいしよ、てんさい、さとうきび以外)} \\ & = (\text{年間生産量[t]}) \times (\text{作物収穫量に対する残渣の比率}) \times (\text{残渣の平均乾物率[t-dm/t]}) \\ & \quad \times (\text{野焼きされる割合}) \times (\text{酸化率}) \times (\text{残渣の炭素含有率 [t-C/t-dm]}) \times 10^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{農作物の野焼きに伴う全炭素放出量 [kg-C] (ばれいしよ、てんさい、さとうきび)} \\ & = (\text{年間生産量[t]}) \times (\text{作物収穫量に対する残渣の比率[t-dm/t]}) \times (\text{野焼きされる割合}) \\ & \quad \times (\text{酸化率}) \times (\text{残渣の炭素含有率[t-C/t-dm]}) \times 10^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{農作物の野焼きに伴う全窒素放出量 [kg-N]} \\ & = (\text{年間生産量[t]}) \times (\text{作物収穫量に対する残渣の比率}) \times (\text{野焼きされる割合}) \\ & \quad \times (\text{酸化率}) \times (\text{残渣の窒素含有率[t-N/t-dm または t-N/t]}) \times 10^3 \end{aligned}$$

表 6-62 作物生産量に対する残渣の比率、乾物率、炭素率、窒素率、野焼きされる割合、酸化率

作物	残渣の比率	乾物率	炭素率	窒素率	野焼き割合	酸化率
とうもろこし	1.20 <sup>eA</sup>	0.86 <sup>h</sup>	0.4709 <sup>hD</sup>	0.0035 <sup>eE</sup>	0.10 <sup>c</sup>	0.90 <sup>c</sup>
えんどう豆	0.60 <sup>eA</sup>	0.87 <sup>h</sup>	0.45 <sup>aD</sup>	0.0101 <sup>eE</sup>		
大豆	1.40 <sup>eA</sup>	0.89 <sup>h</sup>	0.45 <sup>aD</sup>	0.0109 <sup>eE</sup>		
小豆	0.89 <sup>eA</sup>	0.89 <sup>h</sup>	0.45 <sup>aD</sup>	0.0098 <sup>eE</sup>		
いんげん	0.60 <sup>eA</sup>	0.89 <sup>h</sup>	0.45 <sup>aD</sup>	0.0101 <sup>eE</sup>		
らっかせい	0.94 <sup>eA</sup>	0.86 <sup>h</sup>	0.45 <sup>aD</sup>	0.0054 <sup>eE</sup>		
ばれいしよ	0.032 <sup>bB</sup>	-	0.4226 <sup>hD</sup>	0.0222 <sup>fD</sup>		
てんさい	0.062 <sup>bB</sup>	-	0.4072 <sup>hD</sup>	0.0154 <sup>fD</sup>		
さとうきび	0.102 <sup>gB</sup>	-	0.4235 <sup>hD</sup>	0.0055 <sup>gD</sup>		

A：現物残渣/現物収量

B：乾物残渣/現物収量

D：窒素量（または炭素量）/乾物残渣

E：窒素量（または炭素量）/現物残渣

(出典)

a：デフォルト値がないため、双子葉植物・単子葉植物の値を引用。村山登他編、文永堂出版「作物栄養・肥料学」p.26(Bowen:Trace Elements in Biochemistry,1966)

b：尾和、「我が国の農作物の栄養収支」(1996) (参考文献 33)

c：1996年改訂 IPCC ガイドライン

d：デフォルト値は示されていないが、1996年改訂 IPCC ガイドライン Vol.2 p4.30 に示された値(0.01-0.02)の中間値を採用した。

e：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 55)

f：北海道農政部「北海道施肥ガイド 2010」(参考文献 56)

g：鹿児島県農業総合開発センター資料

h：GPG (2000) p4.58 Table 4.16

## c) 不確実性と時系列の一貫性

## ■ 不確実性

不確実性評価はそれぞれの作物別に行った。排出係数の不確実性は専門家判断や GPG (2000) のデフォルト値による各パラメータの不確実性を合成し、算出した。活動量の不確実性は作物ごとに平成 14 年度の算定方法検討会での設定値を用いた。各作物の排出量の不確実性評価結果は別添 7 表 11 に記載されている。なお、不確実性の評価手法の概要については別添 7 に記載している。

## ■ 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

「6.7.1. 稲、小麦、大麦、ライ麦、オート麦」と同様。

## e) 再計算

農業分野では 3 年平均を使用しているため、2011 年度の活動量の修正・更新により、2010 年度の排出量が変更された。

## f) 今後の改善計画及び課題

排出係数等、1996 年改訂 IPCC ガイドライン及び GPG (2000) のデフォルト値を使用している各種パラメータについて、我が国独自の数値が設定出来るよう検討が必要である。

## 6.7.3. 豆類（白いんげん）（4.F.2.-）

白いんげん (dry bean) は、いんげん豆の仲間で、成熟させてさやから外した豆のことを指すが、日本ではいんげん豆は成熟させる前に食べるため、量的にも非常に少ない。いんげん豆は、豆類 (4.F.2.) [その他] で計上しているため「IE」として報告した。

## 6.7.4. その他（4.F.5.）

日本では、穀物、豆類、根菜類、さとうきび以外の農作物残渣の野焼きが行われている可能性がある。しかし、活動実態が明らかになっておらず排出係数の設定もできないことから、「NE」として報告した。



## 参考文献

1. FAO HP データ (<http://apps.fao.org/>)
2. IPCC(1995): IPCC 1995 Report :Agricultural Options for Mitigation of Greenhouse Gas Emissions, 747-771
3. 1996年改訂 IPCC ガイドライン: IPCC「1996年改訂 IPCC ガイドライン」(1997)
4. GPG (2000): IPCC「温室効果ガスインベントリにおけるグッドプラクティスガイダンス及び不確実性管理報告書」(2000)
5. IRRI (International Rice Research Institute), “World Rice STATISTICS 1993-94”
6. 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)
7. 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)
8. 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)
9. 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)」
10. 環境省廃棄物・リサイクル対策部「日本の廃棄物処理」
11. 気象庁「日本気候表」
12. 農林水産省「公共牧場実態調査」
13. 農林水産省「耕地及び作付面積統計」
14. 農林水産省「作物統計」
15. 農林水産省「畜産統計」
16. 農林水産省「地力基本調査」
17. 農林水産省「ポケット肥料要覧」
18. 農林水産省「野菜生産出荷統計」
19. 農林水産省「牛乳乳製品統計」
20. 農林水産省「畜産物生産費統計」
21. 農林水産省「環境保全型農業調査畜産部門調査結果の概要」
22. 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)
23. 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)
24. 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)
25. 中央畜産会「日本飼養標準」
26. 動物衛生研究所「牛の放牧場の全国実態調査」
27. 沖縄県「沖縄県畜産統計」
28. 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」
29. 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, pp773-778 (1988)
30. 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)
31. 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」
32. 村山登他編「作物栄養・肥料学」文永堂出版
33. 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
34. 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)
35. Takuji Sawamoto, Yasuhiro Nakajima, Masahiro Kasuya, Haruo Tsuruta and Kazuyuki Yagi

- “Evaluation of emission factors for indirect N<sub>2</sub>O emission due to nitrogen leaching in agro-ecosystems” GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS VOL.32
36. 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)
  37. Takashi Osada, “*Nitrous Oxide Emission from Purification of Liquid Portion of Swine Wastewater*”, *Greenhouse Gas Control Technologies*, J.Gale and Y.Kaya (Eds.) (2003)
  38. 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)
  39. 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, pp. 27 (2006)
  40. 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)
  41. (社) 中央畜産会「家畜関係資料」
  42. 農林水産省生産局畜産部畜産振興課「馬関係資料」
  43. 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)
  44. 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)
  45. 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 p.29~41、(2005)
  46. 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)
  47. 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
  48. 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 p.502~505、(2009)
  49. 農林水産省「土壌環境基礎調査」
  50. 農林水産省「土壌由来温室効果ガス・土壌炭素調査事業」
  51. 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、p.30~36 (1982)
  52. 木下忠孝、辻正樹「てん茶園の窒素収支」、*茶業研究報告* 100号、p.52~54 (2005)
  53. 橘尚明、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、p.8~15 (1996)
  54. 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、p.130~131 (1996)
  55. 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、p.81~152 (2000)
  56. 北海道農政部「北海道施肥ガイド 2010」(2010)
  57. 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)

58. 農林水産省「H23 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」(2012)
59. 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)

