

農業分野における算定方法の改善について

1. 家畜排せつ物の管理（4B）CH₄, N₂O

1.1 家畜排せつ物の管理に伴う排出係数の改善（4.B 全体）

(1) 検討課題

家畜排せつ物の管理に伴う CH₄ 及び N₂O 排出係数について、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パラメータについては、可能な限り我が国独自の数値を設定するよう検討を行う。

また、全年度において同じ排出係数を使用していることから、排出削減対策の効果を反映するため、最新の研究成果を踏まえた排出係数の更新について検討を行う。

表 1 牛、豚、採卵鶏、ブロイラーの排せつ物管理に伴う CH₄ 排出係数

処理区分		乳用牛		肉用牛		豚		採卵鶏 ブロイラー	
12. 貯留		3.90 %	D ¹	3.00 %	D ¹	8.7 %	D ¹	—	
13. 天日乾燥		0.20 %	J ³	0.20 %	J ³	0.20 %	J ³	0.20 %	J ³
14. Other	14a. 火力乾燥	0 %						Z ⁴	
	14b. 強制発酵・ふん	0.044 %	D ¹	0.034 %	D ¹	0.080 %	J ⁹	0.080 %	J ⁹
	14c. 堆積発酵	3.80 %	J ⁵	0.13 %	J ⁵	0.16 %	J ⁵	0.14 %	J ⁵
	14d. 焼却	0.4 %						O	
	14e. 強制発酵・尿	0.044 %	D ¹	0.034 %	D ¹	0.097 %	D ¹	—	
	14e. 強制発酵・ふん尿混合					0.080 %	J ⁹		
	14f. 浄化	0.0087%	D ¹	0.0067%	D ¹	0.019%	D ¹		

D: IPCC ガイドラインのデフォルト値を利用

J: 我が国の測定データより設定

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

*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 2 牛、豚、採卵鶏、ブロイラーの排せつ物管理に伴う N₂O 排出係数

処理区分		乳用牛		肉用牛		豚		採卵鶏 ブロイラー	
12. 貯留・尿		0.10 %					D ¹	—	
13. 天日乾燥		2.0 %						D ¹	
14. Other	14a. 火力乾燥	2.0 %						D ¹	
	14b. 強制発酵・ふん	0.25 %		J ⁷	0.16 %		J ⁹		
	14c. 堆積発酵	2.40 %	J ⁵	1.60 %	J ⁵	2.50 %	J ⁵	2.0 %	D ¹
	14d. 焼却	0.1 %						O ⁴	

14e. 強制発酵・尿	2.0 %	D ¹	0.25%	J ⁷	2.0 %	D ¹	—
14e. 強制発酵・ふん尿混合					0.16%	J ⁹	
14f. 浄化	5.0 %				J ⁸		

D: IPCC ガイドラインのデフォルト値を利用

J: 我が国の測定データより設定

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

*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。

(出典)

1: GPG (2000)

2: 1996年改訂 IPCC ガイドライン

3: 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)」(2003)

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)

5: Osada et al., Greenhouse gas generation from livestock waste composting (2005)

6: IPCC(1995): IPCC 1995 Report

7: Osada et al., Determination of nitrous oxide, methane, and ammonia emissions from a swine waste composting process (2000)

8: Osada, Nitrous Oxide Emission from Purification of Liquid Portion of Swine Wastewater (2003)

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)

なお、昨年度の農業分科会において、乳用牛、肉用牛、豚、採卵鶏、ブロイラーの排せつ物処理区分割合について、農林水産省が2011年3月に公表した「家畜排せつ物処理状況調査結果(平成21年12月1日現在)」(農林水産省生産局畜産部畜産企画課畜産環境・経営安定対策室)を2009年度から適用することになった(2008年以前は「畜産における温室効果ガスの発生制御 第四集」((社)畜産技術協会、1999)に示された値)。しかし、H21調査結果において従来の処理区分に加え新設された「メタン発酵」、「放牧」、「その他」の区分については、対応する排出係数が現時点では存在しないため、以下の方針で排出係数を暫定的に適用した。以下の排出係数設定方針は暫定的なものであることから、現在適用している排出係数より適切な排出係数が開発された場合、設定方針の改訂を検討する。

表3 新設区分の排出係数設定方針

新設区分	設定方針
メタン発酵	ふんについては、「堆積発酵」の排出係数を適用する。 尿、ふん尿混合については、「貯留」の排出係数を適用する。
放牧	放牧家畜からの排出については、放牧牛の頭数及び平均放牧日数から排出量を算定しているため、本分野では算定しない(排出係数を設定しない)。 将来的に、H21調査結果を用いた処理区分別家畜ふん尿量から算定する方法に変更することについて検討を行う。
その他	「その他」に分類されるふん尿の処理実態が不明であるため、安全側に見積もり、ふん、尿及びふん尿混合の各区分における最大の排出係数を適用する。

(2) 対応方針

農林水産省の「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」（以下、H23 調査事業）において、乳用牛の尿・ふん尿混合区分の貯留及びメタン発酵の排出係数が開発されたことから、この結果を反映する。

H23 調査事業においては、CH₄は、貯留：気温、貯留スラリー品温、CH₄発生量の関係式、メタン発酵：気温、貯留消化液、CH₄発生量の関係式、がそれぞれ導出され、気温が異なる全国9地域(地方農政局区分)についてそれぞれ排出係数が算出されている(表 4)。N₂Oについては、気温とは関係ない平均的な排出係数が設定されている(表 5)。

表 4 インベントリ使用値と H23 調査事業結果の比較 (CH₄)

	インベントリ 使用値	H23調査事業	
	貯留	貯留	メタン発酵
北海道	3.90%	2.09%	2.61%
東北		2.40%	3.12%
関東		2.81%	3.75%
北陸		2.63%	3.49%
東海		2.79%	3.73%
近畿		2.87%	3.85%
中国		2.79%	3.72%
四国		2.81%	3.76%
九州沖縄		2.89%	3.89%

表 5 インベントリ使用値と H23 調査事業結果の比較 (N₂O)

	インベントリ 使用値	H23調査事業	
	貯留	貯留	メタン発酵
全国	0.10%	0.02%	0.15%

CH₄ 排出係数については、全国を 9 地域に分けて CH₄ 排出量を算定する方法も考えられるが、貯留及びメタン発酵区分以外は同様の算定方法を採用することが困難であるため、各地域の乳用牛飼養頭数(表 6)で CH₄ 排出係数を加重平均した数値を採用することとする。N₂O 排出係数については、H23 調査事業の数値をそのまま使用することとする。

乳用牛飼養頭数で加重平均を行い算出した貯留及びメタン発酵の CH₄ 排出係数を表 7 に示す。

表 6 地域別の乳用牛飼養頭数（単位：頭）

地域	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
北海道	870,300	887,700	853,700	856,100	826,800	827,900	821,900
東北	217,900	192,190	158,960	144,520	123,520	120,460	116,460
関東	420,090	360,590	306,630	264,910	229,200	222,680	217,550
北陸	36,630	30,840	26,790	22,610	17,940	17,490	16,890
東海	87,100	78,800	64,450	57,240	47,230	45,540	44,900
近畿	80,010	65,920	50,310	44,030	35,650	33,820	32,550
中国	95,840	81,120	66,220	61,180	53,140	52,080	51,310
四国	53,500	43,280	34,850	30,720	24,440	23,700	22,770
九州沖縄	205,260	184,442	160,656	153,999	126,490	123,810	124,580

（出典）農林水産省「畜産統計」

表 7 飼養頭数で加重平均した CH₄ 排出係数

	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
貯留	2.47%	2.44%	2.42%	2.40%	2.38%	2.37%	2.37%
メタン発酵	3.21%	3.17%	3.14%	3.11%	3.07%	3.06%	3.06%

(3) 改訂結果

表 5 及び表 7 の排出係数を使用して試算を行った結果を表 8 に示す。1990 年度は CH₄ が 28.9 万 tCO₂ 減少、N₂O が 3.3 万 tCO₂ 減少、合計で 32.1 万 tCO₂ 減少する。2011 年度は CH₄ が 8.9 万 tCO₂ 減少、N₂O が 1.3 万 tCO₂ 減少、合計で 10.3 万 tCO₂ 減少する。2009 年度以降は排せつ物管理区分が変更になったことから、試算結果にも差が生じている。

表 8 排出量の試算結果

【CH4】

従来

GgCO2	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
貯留	787	743	674	631	219	215	215
メタン発酵	0	0	0	0	23	23	23
合計	787	743	674	631	242	238	238

改訂後

GgCO2	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
貯留	498	465	418	388	134	131	131
メタン発酵	0	0	0	0	18	18	18
合計	498	465	418	388	152	149	149

差

GgCO2	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
貯留	-289	-278	-256	-242	-85	-84	-84
メタン発酵	0	0	0	0	-5	-5	-5
合計	-289	-278	-256	-242	-90	-89	-89

【N2O】

従来

GgCO2	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
貯留	41	38	35	33	18	17	17
メタン発酵	0	0	0	0	1	1	1
合計	41	38	35	33	18	18	18

改訂後

GgCO2	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
貯留	8	8	7	7	4	3	3
メタン発酵	0	0	0	0	1	1	1
合計	8	8	7	7	5	5	5

差

GgCO2	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
貯留	-33	-31	-28	-26	-14	-14	-14
メタン発酵	0	0	0	0	0	0	0
合計	-33	-31	-28	-26	-14	-13	-13

【合計】

従来

GgCO2	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
貯留	828	781	709	664	237	232	233
メタン発酵	0	0	0	0	24	24	24
合計	828	781	709	664	261	256	256

改訂後

GgCO2	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
貯留	506	473	425	395	137	134	134
メタン発酵	0	0	0	0	20	19	19
合計	506	473	425	395	157	153	154

差

GgCO2	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
貯留	-321	-308	-284	-269	-99	-98	-98
メタン発酵	0	0	0	0	-5	-5	-5
合計	-321	-308	-284	-269	-104	-102	-103

(4) 今後の検討課題

- H21 農林水産省調査結果においては、排せつ物分離・混合処理割合が地方別（北海道、東北、関東、北陸、東海、近畿、中国、四国、九州・沖縄）に示されていることから、気候帯別排出係数等の研究開発の進展状況を踏まえつつ、地方別の排出量算定について検討を行う必要がある。
- H21 農林水産省調査結果では馬からのふん尿の処理区分割合も示されているが、現行インベントリにおいては、馬からのふん尿処理区分割合は 1996 年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値（放牧地：95%、その他処理：5%）を用いて算定しているため、H21 農林水産省調査結果を用いた排出量算定方法について検討を行う必要がある（H21 農林水産省調査結果を用いた排出量算定を行う場合、馬における 1 頭あたり 1 日あたり排せつ物量・窒素量、排せつ物中の有機物含有率（ふん・尿）、処理区分別排出係数のデータが必要となる）。
- 他の排せつ物管理区分の排出係数については、今後の研究成果を踏まえ、インベントリへの反映に向けた検討を行う。

1.2 放牧家畜（牛）からの排出係数の検証（4.B.1 牛, 4.D.2 牧草地・放牧場・小放牧地）

(1) 検討課題

放牧家畜（牛）からの CH₄、N₂O 排出係数が排出実態を表していない可能性があるため、排出係数の更新について検討を行う。加えて、インベントリレビューでの指摘に備え、デフォルトの排出係数との差異、及びその理由についても、検証しておく必要がある。

【現状の排出係数】

1 日当たり牛 1 頭が排せつする排せつ物からの CH₄、N₂O 発生量 (g)

表 9 放牧の排出係数

	排出係数	単位
CH ₄	3.67	[g CH ₄ /頭/日]
N ₂ O	0.32	[g N ₂ O-N/頭/日]

(出典)「畜産における温室効果ガスの発生制御 第六集」((社)畜産技術協会、2001)

(2) 対応方針

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究所において、肉用牛のふん及び尿からの CH₄、N₂O 発生量の通年測定が実施され、その結果が 2012 年の土壤肥料学会鳥取大会で「放牧中の肉牛の排せつ物に由来する温室効果ガスの発生量」(森 昭憲、以下森 (2012)) として発表された。この結果を用いて算定を行うこととする。

森 (2012) の測定対象は肉用牛のみであるが、放牧されている乳用牛は育成牛がほとんどであり、育成牛は搾乳牛ほど飲水量が多くなく成牛と比べて乳用牛と肉用牛の違いは小

さいと考えられることから、乳用牛については肉用牛の数値で代用することとする。なお、乳用牛の測定が今後計画されていることから、その結果が判明した時点で使用する数値の変更を検討することとする。

なお、排せつ物管理区分では、放牧の区分が存在するのは乳用牛・肉用牛ともふん尿混合区分のみである。排出係数はふんと尿に分けて算出されておりそのままでは適用できないため、専門家判断によりふんと尿の排出係数のうち大きい方をふん尿混合の排出係数とする。

また、放牧の排せつ物管理区分が存在するのは 2009 年度以降のみであるが、算定方法の一貫性を保つために、2008 年度以前についても同じ方法で算定することが望ましい。従って、放牧については 2008 年度以前についても 2009 年度と同じ排せつ物管理区分割合を適用することとする。その場合、2008 年度以前は排せつ物管理区分割合の合計が 100% を超えてしまうため、合計で 100% になるように調整を行うこととする。

(3) 改訂結果

新たな排出係数を使用して試算を行った結果を表 10 に示す。1990 年度は CH₄ が 3.2 千 tCO₂ 減少、N₂O が 1.1 千 tCO₂ 増加、合計で 2.1 千 tCO₂ 減少する。2011 年度は CH₄ が 3.0 千 tCO₂ 減少、N₂O が 2.1 千 tCO₂ 増加、合計で 0.8 千 tCO₂ 減少する。

(4) 今後の検討課題

- GPG (2000) に掲載の放牧の排出係数のデフォルト値は今回改訂値より小さく、CH₄ で 1/10 程度、N₂O で 1/4 となっている。インベントリ審査で指摘を受ける可能性が高いことから、その差異の説明を行う準備が必要である。理由としては、調査を行った放牧地の土壌が排水性の良い黒ボク土であることが考えられる。日本の放牧地は黒ボク土の割合が高くなっている。

表 10 排出量の試算結果

【CH4】

従来

GgCO2	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
乳用牛	4.4	4.1	3.7	3.6	4.3	4.2	4.2
肉用牛	1.5	1.5	1.5	1.7	1.7	1.6	1.6
合計	5.9	5.6	5.2	5.3	5.9	5.8	5.8

改訂後

GgCO2	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
乳用牛	2.0	1.9	1.7	1.6	2.2	2.1	2.1
肉用牛	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
合計	2.7	2.6	2.4	2.3	2.9	2.8	2.8

差

GgCO2	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
乳用牛	-2.4	-2.2	-2.0	-2.0	-2.1	-2.1	-2.1
肉用牛	-0.8	-0.8	-0.8	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9
合計	-3.2	-3.0	-2.7	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0

【N2O】

従来

GgCO2	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
乳用牛	9.0	8.3	7.5	7.3	8.6	8.5	8.5
肉用牛	3.0	3.1	3.0	3.4	3.4	3.2	3.2
合計	11.9	11.4	10.4	10.7	12.0	11.7	11.7

改訂後

GgCO2	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
乳用牛	9.7	9.1	8.3	7.8	10.5	10.3	10.4
肉用牛	3.4	3.5	3.4	3.3	3.6	3.5	3.5
合計	13.0	12.6	11.7	11.1	14.1	13.8	13.8

差

GgCO2	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
乳用牛	0.7	0.8	0.8	0.5	1.9	1.8	1.9
肉用牛	0.4	0.4	0.4	-0.1	0.3	0.2	0.3
合計	1.1	1.2	1.3	0.4	2.2	2.1	2.1

【合計】

従来

GgCO2	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
乳用牛	13.4	12.5	11.2	10.8	12.9	12.7	12.7
肉用牛	4.4	4.6	4.4	5.1	5.0	4.8	4.8
合計	17.8	17.0	15.6	16.0	17.9	17.5	17.5

改訂後

GgCO2	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
乳用牛	11.7	11.0	10.0	9.4	12.7	12.5	12.5
肉用牛	4.1	4.2	4.1	4.0	4.4	4.2	4.2
合計	15.7	15.2	14.1	13.4	17.1	16.6	16.7

差

GgCO2	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
乳用牛	-1.7	-1.5	-1.1	-1.4	-0.2	-0.3	-0.2
肉用牛	-0.3	-0.3	-0.3	-1.2	-0.7	-0.6	-0.6
合計	-2.1	-1.8	-1.5	-2.6	-0.8	-0.9	-0.8

2. 農用地の土壌 (4D) N₂O

2.1 残渣の窒素含有率の改訂 (4.D.1.4 直接排出-作物残渣のすき込み)

(1) 検討課題

残渣の窒素含有率について、収穫量が多い作物や代替値を使用している作物については、窒素含有率の精緻化を図ることが望ましい。

収穫量が多い稲については、現在は稲わらともみ殻に同じ窒素含有率を使用していることから、両者を分離した算定が可能か検討を行う。

(2) 対応方針

稲の残渣量は稲わら・もみ殻別にデータが存在するが、残渣の窒素含有率は、現在使用している「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」(松本成夫、農環研報 18、81-152、2000、以下松本(2000))では、稲わら・もみ殻でまとめて1つの数字となっているため、他の研究結果等から分離が可能か検討を行う。

【稲わら】

稲わらについては、「北海道施肥ガイド 2010」(以下、北海道(2010))、「日本標準飼料成分表(2009)」(以下、飼料成分表(2009))、「便覧 有機質肥料と微生物資材」(以下、有機質肥料(1988))、「新潟県における土づくりのすすめ方」(以下、新潟(2005))などに、窒素含有率が掲載されている。

各データを比較すると、バラツキがあることがわかる(表 11)。有機質肥料(1988)によると、地域ごとに土壌や栽培条件の違いにより成分は異なるとのことである。ここでは、日本各地の数値の中で中間的な数値であり、日本全体の平均値として使用するのが最も適切であると考えられる有機質肥料(1988)を使用することとする。

表 11 稲わらの窒素含有率(対原物残渣)

松本 (2000)	北海道 (2010) *1	飼料成分表 (2009) *2	有機質肥料 (1988) *3	新潟 (2005) *4
0.69%	0.69%	0.75%	0.54%	0.44%

*1: 対乾物残渣のデータのため、有機質肥料(1988)の含水率 14.2%を使用して対原物残渣に補正。対乾物残渣では 0.80%。

*2: 粗蛋白質を 6.25 で割って算出。

*3: 対乾物残渣のデータのため、含水率 14.2%を使用して対原物残渣に補正。対乾物残渣では 0.63%。

*4: 対乾物残渣のデータのため、含水率 10%を使用して対原物残渣に補正。対乾物残渣では 0.44%。

【もみ殻】

もみ殻については、飼料成分表(2009)、有機質肥料(1988)、新潟(2005)などに、窒素含有率が掲載されている。

各データを比較すると、稲わら同様、バラツキがある(表 12)。ここでは稲わら同様、中間的な数値であり、日本全体の平均値として使用するのが最も適切であると考えられる

有機質肥料（1988）を使用することとする。

表 12 もみ殻の窒素含有率（対原物残渣）

松本 (2000)	飼料成分表 (2009) *1	有機質肥料 (1988) *2	新潟 (2005) *3
0.69%	0.50%	0.42%	0.32%

*1：粗蛋白質を 6.25 で割って算出。

*2：対乾物残渣のデータのため、含水率 11.8% を使用して対原物残渣に補正。対乾物残渣では 0.48%。

*3：対乾物残渣のデータのため、含水率 10% を使用して対原物残渣に補正。対乾物残渣では 0.36%。

(3) 改訂結果

稲わら、もみ殻の窒素含有率を新たに設定し、稲わら、もみ殻に分けて残渣のすき込みによる N₂O 排出量を試算した結果を表 13 に示す。2011 年度（単年度）で排出量は 5.9 万 tCO₂ 減少することとなった。

表 13 排出量の試算結果

従来

GgCO ₂	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
稲わら	259	303	296	281	256	256	256
もみがら	18	15	11	12	11	11	11
合計	277	318	308	293	267	267	267

改訂後

GgCO ₂	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
稲わら	204	238	233	221	201	201	201
もみがら	11	9	7	7	7	7	7
合計	215	247	240	228	208	208	208

差

GgCO ₂	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
稲わら	-56	-65	-64	-60	-55	-55	-55
もみがら	-7	-6	-4	-5	-4	-4	-4
合計	-63	-71	-68	-65	-59	-59	-59

(4) 今後の検討課題

- 主要な作物について、改訂の必要があるものから順次検討を行っていく。