

農業分野における排出量の算定方法について（農業分科会）

I. 2018年提出インベントリに反映する検討課題

1. 家畜排せつ物の管理（3.B.）CH₄、N₂O

1.1 家畜排せつ物の管理における排出係数の改訂（3.B. 全体）

（1）検討課題

現在、2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値や他の家畜の結果を代用しているような家畜・家畜排せつ物管理方法について、現状の温室効果ガス排出実態を反映できるよう、適切な排出係数への更新を行っていく。

（2）対応方針

現在、乳用牛・肉用牛の尿・ふん尿混合の浄化処理の排出係数は、CH₄は2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値、N₂O は国内の豚の研究成果¹を代用しており、可能であれば国内の牛の排せつ物を対象に作られた排出係数に変更していくことが望ましい。これについて、乳用牛の尿・ふん尿混合の浄化処理に関する研究成果（白石ら（2017）²）が発表され、論文内で排出係数が設定されていることから、その排出係数のインベントリへの反映について検討を行う。

白石ら（2017）では、岡山県農林水産総合センター畜産研究所内の浄化処理施設において乳用牛の排せつ物を処理した際に発生する温室効果ガスを測定し、それを基に各ガスの排出係数を設定している。研究の概要は表 1 に示す。

表 1 白石ら（2017）の研究概要

事項	設定・内容
調査期間	排出係数測定：2008年5月31日～10月3日（春季1回、夏季2回、秋季1回、1試験3～4週間）、排出要因測定：2009年～2013年（春季4回、夏季3回、秋季1回、冬季3回、1試験3～4週間）
調査場所	岡山県農林水産総合センター畜産研究所内の浄化処理施設
調査対象	乳用牛約45頭の排せつ物、搾乳関連排水、肉用牛の排せつ物（少量）
排せつ物処理方法と 運転条件	連続式活性汚泥浄化処理（曝気槽による曝気処理、沈殿槽による沈殿処理）、流入汚水量：9.4m ³ /日、投入BOD量：14kg/日、BOD濃度：1,500mg/L、BOD容積負荷：0.4kg/m ³ /日、活性汚泥濃度（MLSS）：4,000mg/L、水理学的滞留時間（HRT）：61時間、曝気量：1.5m ³ /m ³ /時
調査方法	曝気槽上部に設置したチャンバーにより排気を捕集し、排気中のCH ₄ 、N ₂ O、NH ₃ の濃度を連続測定

¹ Takashi Osada, Nitrous Oxide Emission from Purification of Liquid Portion of Swine Wastewater, Greenhouse Gas Control Technologies, J. Gale and Y. Kaya (Eds.) (2003)

² 白石誠ら「牛舎排水浄化処理施設から発生する温室効果ガス」(2017)

白石ら（2017）が算出している排出係数を表 2 に示す。CH₄ 排出係数は現状より少し大きくなっているが、N₂O 排出係数は半分程度になっている。なお、白石ら（2017）は乳用牛が対象であるが、デフォルト値や他の家畜の数値を使用するより適切だと判断し、肉用牛についても同じ排出係数を適用することとする。

表 2 乳用牛・肉用牛の排出係数

	CH ₄ (gCH ₄ /g 有機物)	N ₂ O (gN ₂ O-N/N)
現在のインベントリ	0%	5.00%
白石ら（2017）	0.30%	2.88%

※インベントリ使用値の出典は、CH₄：2006 年 IPCC ガイドライン、N₂O：Osada（2003）

（3）算定結果

白石ら（2017）の排出係数を乳用牛及び肉用牛に適用した場合の排出量を図 1 及び表 3 に示す。乳用牛と肉用牛の合計で、CH₄ 排出量は 1990 年度で 400tCO₂ 増加、2005 年度で 340tCO₂ 増加、2015 年度で 280tCO₂ 増加となり、N₂O 排出量は 1990 年度で 16,000tCO₂ 減少、2005 年度で 17,000tCO₂ 増加、2015 年度で 16,000tCO₂ 増加となる。CH₄ は微増、N₂O は減少となり、両ガス合計では減少となる。

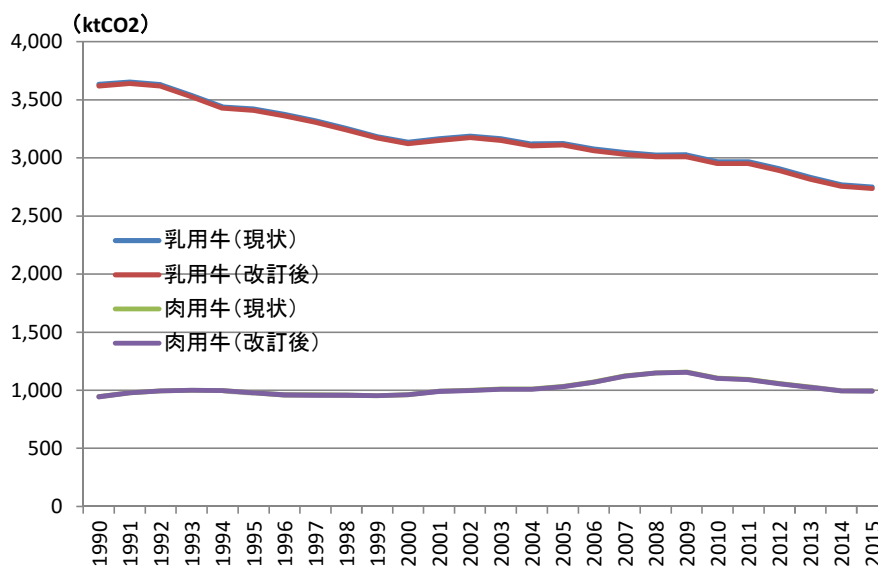


図 1 排出係数改訂前後の GHG 排出量

表 3 排出係数改訂前後の GHG 排出量 (単位 : ktCO₂)

【CH₄】

(現状)

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
乳用牛	2,900	2,729	2,480	2,370	2,166	2,169	2,124	2,067	2,022	2,010
肉用牛	108	112	112	131	149	147	142	138	134	134
合計	3,008	2,840	2,592	2,501	2,315	2,316	2,266	2,206	2,156	2,143

(改訂後)

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
乳用牛	2,900	2,729	2,480	2,371	2,166	2,169	2,124	2,068	2,022	2,010
肉用牛	108	112	112	131	149	147	142	138	134	134
合計	3,008	2,841	2,592	2,502	2,315	2,317	2,267	2,206	2,156	2,144

(差異)

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
乳用牛	0.39	0.37	0.34	0.33	0.29	0.29	0.29	0.28	0.27	0.27
肉用牛	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
合計	0.40	0.38	0.35	0.34	0.30	0.30	0.29	0.28	0.28	0.28

【N₂O】

(現状)

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
乳用牛	734	693	655	755	801	798	782	764	747	740
肉用牛	837	868	851	901	956	946	915	889	861	860
合計	1,571	1,561	1,506	1,656	1,757	1,743	1,697	1,653	1,609	1,600

(改訂後)

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
乳用牛	720	679	642	739	785	782	767	749	733	725
肉用牛	836	867	850	900	955	944	914	888	860	859
合計	1,556	1,546	1,492	1,639	1,740	1,726	1,680	1,637	1,593	1,584

(差異)

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
乳用牛	-15	-14	-13	-16	-15	-15	-15	-15	-14	-14
肉用牛	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-1
合計	-16	-15	-14	-17	-17	-17	-17	-16	-16	-16

【合計】

(現状)

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
乳用牛	3,634	3,422	3,136	3,125	2,966	2,967	2,906	2,831	2,769	2,749
肉用牛	945	980	963	1,032	1,105	1,093	1,057	1,028	996	994
合計	4,579	4,402	4,098	4,157	4,071	4,060	3,963	3,858	3,765	3,744

(改訂後)

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
乳用牛	3,620	3,408	3,123	3,110	2,951	2,952	2,891	2,816	2,755	2,735
肉用牛	944	979	962	1,031	1,104	1,091	1,056	1,026	994	993
合計	4,564	4,387	4,084	4,140	4,055	4,043	3,947	3,842	3,749	3,728

(差異)

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
乳用牛	-14	-13	-13	-15	-15	-15	-15	-15	-14	-14
肉用牛	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-1
合計	-15	-14	-14	-17	-17	-17	-16	-16	-16	-15

2. 農用地の土壌 (3.D.) N₂O

2.1 牧草地更新割合の改訂 (3.D.a.5 直接排出 土壌有機物中の炭素の消失により無機化された窒素、3.D.a.6 直接排出 有機質土壌の耕起)

(1) 検討課題

鉱質土壌及び有機質土壌を耕起することにより、土壌中の有機物が酸化や微生物の働きにより分解され、その際に土壌中に放出された窒素が基となり N₂O が発生する。耕起される土壌は水田、畑地、牧草地の 3 種類になるが、このうち牧草地は毎年全てが耕起されるのではなく、毎年一部が「更新」として耕作されることになる。この更新の割合は統計や調査結果がないことから専門家判断で 3%と設定しているが、この更新割合に用いることができる可能性がある調査が行われたことから、その調査結果のインベントリへの適用について検討を行う。なお、牧草地の鉱質土壌の耕起については LULUCF 分野での計上となるため、ここでは有機質土壌の耕起のみ算定を行う。

【有機質土壌の耕起の算定方法】

$$E = \sum_i EF_i \times A_i \times 44 / 28$$

E: 有機質土壌の耕起からの N₂O 排出量[kg-N₂O]

i: 耕地の種別 (水田、畑地、牧草地)

EF_i: 耕地の種別 i の有機質土壌の耕起における N₂O 排出係数 [kg-N₂O-N/ha]

A_i: 耕地の種別 i の有機質土壌の耕地面積[ha]

$$A_i = \sum_j (C_{i,j} \times Ro_{i,j} \times Rc_{i,j})$$

A: 有機質土壌の耕地面積[ha]

i: 耕地の種別 (水田、畑地、牧草地)

j: 都道府県

C_i: 耕地の種別 i ・ 都道府県 j の全耕地面積[ha]

Ro_i: 耕地の種別 i ・ 都道府県 j の有機質土壌割合[%]

Rc_i: 耕地の種別 i ・ 都道府県 j の更新割合[%] (牧草地のみ使用)

(2) 対応方針

牧草地の管理実態を調査した「草地飼料畑の管理実態調査事業」(北海道大学大学院 波多野隆介、平成 28 年度日本中央競馬会畜産振興事業) の報告書に、北海道及び都府県における牧草地の更新割合の調査結果がまとめられていることから、その調査結果を使用して更新割合の改訂を行う。

当調査では牧場へアンケートを行い牧草地の更新割合などを調査している。調査は 2015～2016 年度の 2 年間で実施されており、回答した牧場は北海道で 130 カ所、都府県で 133 カ所 (そのうち関東が 82 カ所) である。

当調査による牧草地の更新割合を表 4 に示す。更新割合は、各牧場の更新面積の総和を各牧場の永年草地面積の総和で割って算出されている。また、更新割合は表層攪拌法と作溝法の合計である。なお、2005 年度以前については単年度の更新割合が調査されていないことから、2006 年度～2010 年度

の平均値（北海道：3.0%、都府県 1.3%）を使用する。2011 年度以降の数値を平均値として使用しないのは、福島第一原発の事故の影響で一時的に更新割合が上昇していると考えられるからである。また、2016 年度以降についてもまだ調査値がないことから、同様に 2006 年度～2010 年度の平均値を使用することとする。

表 4 牧草地の更新割合

	2005 年 度以前	2006 年度	2007 年度	2008 年度	2009 年度	2010 年度	2011 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度	2015 年度
北海道	3.0%	2.5%	2.8%	3.0%	3.7%	2.9%	3.5%	3.6%	3.3%	3.9%	4.1%
都府県	1.3%	1.0%	1.2%	1.0%	1.4%	2.1%	3.8%	15.7%	9.6%	5.2%	3.5%

(出典)「草地飼料畑の管理実態調査事業」(平成 28 年度日本中央競馬会畜産振興事業)

(3) 算定結果

牧草地の更新割合を改訂した場合の有機質土壌の耕起からの N₂O 排出量を図 2 及び表 5 に示す。N₂O 排出量は 1990 年度・2005 年度ではほぼ変わらず、2015 年度では約 2 千 tCO₂ 増加となる。

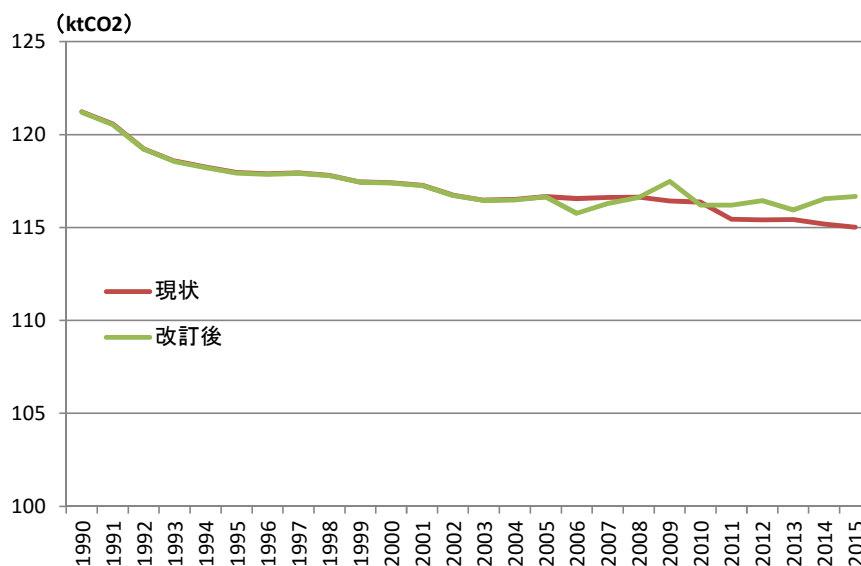


図 2 更新割合改訂前後の有機質土壌の耕起の N₂O 排出量

表 5 更新割合改訂前後の有機質土壌の耕起の N₂O 排出量 (単位: ktCO₂)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
現状	121	121	119	119	118	118	118	118	118
改訂後	121	121	119	119	118	118	118	118	118
差異	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
現状	117	117	117	117	116	117	117	117	117
改訂後	117	117	117	117	116	116	117	116	116
差異	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.8	-0.3
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
現状	117	116	116	115	115	115	115	115	
改訂後	117	117	116	116	116	116	117	117	
差異	-0.0	1.1	-0.2	0.8	1.0	0.5	1.4	1.7	

II. 次年度以降提出のインベントリに反映する検討課題（優先検討課題）

1. 消化管内発酵（3.A.）CH₄

1.1 消化管内発酵からのメタン排出抑制効果の反映（3.A.1 牛）

（1）検討課題

ルーメン内発酵の制御によるメタン発生抑制対策の効果をインベントリに反映できるよう、算定方法の設定について検討を行う。

（2）対応方針

1) 飼料への添加について

現在の主なメタン発生抑制対策としては、脂肪酸カルシウム、カシューナッツ殻液、トウモロコシエタノール発酵残渣（DDGS）の餌への添加などが存在する。脂肪酸カルシウムについては、活動量の把握が困難なこと、及び削減量が非常に小さいことから算定への反映は現時点では見送り、活動量が判明した時点で算定を検討する。カシューナッツ殻液、及びDDGSについては、研究成果及び当該技術の利用状況の情報を収集し、中長期的にインベントリへの反映を検討していくこととする。

2) 中長期的な対応

メタン抑制物質の飼料への添加は短中期的な実施を目指す削減対策となるが、中長期的に実施が見込まれる削減対策として、生産性改善、飼養技術改善、技術開発などが存在する。実施状況を踏まえ中長期的にインベントリへの反映を検討していく。

2. 家畜排せつ物の管理（3.B.）CH₄、N₂O

2.1 家畜1頭当たりの排せつ物量の更新（3.B. 全体）

（1）検討課題

現在のインベントリで使用している牛及び豚の排せつ物中の窒素量は、築城（1997）³において「家畜の排泄物量推定プログラム」という推定プログラムから算出された数値であるが、乳用牛は過小である可能性が専門家・研究者から指摘されており、排出量が過小推計となっている可能性がある。そのため、実態の確認と数値の改訂の検討を行う必要がある。

（2）対応方針

「家畜の排泄物量推定プログラム」を使用して、排せつ物量及び排せつ物中窒素量について現状に即した数値への再設定を検討する。「家畜の排泄物量推定プログラム」を使用して排せつ物量及び排せつ物中窒素量を検討するに際し、算定式の改訂とインプットデータの更新についての検討が必要となる。

³ 「家畜の排泄物量推定プログラム」（築城幹典、原田靖生、システム農学（J,JASS）、13(1)、17-23、（1997））

1) 算定式の改訂について

現在の「家畜の排泄物量推定プログラム」の算定式は、1990年代前半の日本飼養標準をベースとし、その当時の家畜の状況（体重、乳量、飼料要求量等）が反映して構築されているため、この算定式について、新しい日本飼養標準などを参考に改訂していくことを検討する。加えて、家畜の算定区分についても再検討を行う。

2) インプットデータの更新について

インプットデータについては、日本飼養標準における給与飼料中の養分含量（飼料要求量）などを日本の標準的な数値として使用することを検討する。なおその際には、日本の平均的な家畜を想定した上で、体重、増体日量、乳量、要求量のレベルなどを設定する必要がある。

2.2 アミノ酸バランス改善飼料利用による豚・ブロイラーのふん尿処理からの N₂O 排出抑制の反映（3.B.3 豚、3.B.4 家禽類）

（1）検討課題

豚及びブロイラーに慣行飼料より粗タンパク質（CP）含有率の低いアミノ酸バランス改善飼料を給餌することにより、豚及びブロイラーのふん尿に含まれる窒素量を低減する N₂O 排出削減対策について、今後実施が増えることが予想される。しかし、現状の算定方法では上記削減対策を実施した場合の削減効果がインベントリの排出量に反映されないため、削減対策が反映されるよう算定方法の変更を検討する必要がある。なお、本対策については、対策の導入状況が把握できず、加えて削減量も小さいと考えられるため、これまで算定に反映してこなかった経緯がある。

（2）対応方針

アミノ酸バランス改善飼料の使用量は統計等において把握できていない。しかし、飼料の平均的な CP 含有率の推移は把握できる可能性がある。CP 含有率は「家畜の排泄物量推定プログラム」のインプットデータの 1 つであるため、「家畜の排泄物量推定プログラム」に CP 含有率の低減を反映させることで、アミノ酸バランス改善飼料の使用による排せつ物中窒素量の低減効果をインベントリに反映することが可能となる。そこで、今後「家畜の排泄物量推定プログラム」の豚の算定式やインプットデータを改訂する際に、CP 含有率の推移も反映していくこととする。なお、ブロイラーは昨年度に排せつ物中窒素量の改訂を行い、排せつ物中窒素量が低減していることを確認できたことから、当面の改訂対象は豚のみとする。

2.3 家畜排せつ物処理時の温室効果ガス削減対策の反映（3.B. 全体）

（1）検討課題

堆肥化（堆積発酵・強制発酵）や浄化などの排せつ物処理方法において、従来より CH₄、N₂O 及び NH₃（大気沈降により間接 N₂O が発生）を削減するような処理方法や機器・設備の導入が進んでいるが、現在は各家畜排せつ物処理区分にそれぞれ 1 つの排出係数しか設定されていないため、温室効果

ガス排出の少ない方法に改善した場合の温室効果ガス削減効果がインベントリに反映されない状況となっている。従って、温室効果ガス削減効果が適切にインベントリに反映されるよう、排出係数や活動量の設定を行う必要がある。

(2) 対応方針

1) 活動量

削減対策の実施状況を実際にインベントリ算定に組み込むには、現在算定に使用している排せつ物管理区分割合に削減対策の実施状況が反映されることが望ましい。今後、削減対策の実施状況が反映された排せつ物管理区分割合が判明した際に、その結果をインベントリに反映していくこととする。

2) 排出係数

新たに排せつ物管理区分等が設定された場合、それに対応する排出係数も新たに設定する必要がある。これらの排出係数は、各種の調査・研究結果をベースにして設定していくことを検討する。

2.4 気温区分を反映した排出係数の設定 (3.B. 全体)

(1) 検討課題

家畜排せつ物管理からの CH₄ 排出については、2006 年 IPCC ガイドラインにおいて気温区分別に排出係数を設定して算定を行うことが推奨されているが、我が国独自の CH₄ 排出係数を使用している排せつ物管理区分の中には、気温区分別排出係数の設定を行っていない排せつ物管理区分が存在する。2006 年 IPCC ガイドラインで気温別にデフォルト値が設定されているが、我が国のインベントリで気温別に設定を行っていない管理区分としては、天日乾燥（牛、豚、鶏）、強制発酵（ふん）（豚、鶏）、堆積発酵（牛、豚、鶏）、放牧（牛）がある。

(2) 対応方針

今後実施されるインベントリ審査の状況も踏まえ、気温区分別に排出係数を設定していない排せつ物管理区分について、気温区分を反映した排出係数の設定方法を検討する。検討が最優先の区分は対象区分の中で飛び抜けて排出量が多い乳用牛の堆積発酵であり、この乳用牛の堆積発酵からの CH₄ 排出については気温より含水率の方が排出係数に影響を与えている可能性がある⁴。含水率については、「2.3 家畜排せつ物処理時の温室効果ガス削減対策の反映 (3.B. 全体)」における温室効果ガス削減対策とも関連するため、両課題で連携しながら対応していく。

⁴ T. Tamura, T. Osada, Effect of moisture control in pile-type composting of dairy manure by adding wheat straw on greenhouse gas emission, International Congress Series 1293 (2006) 311 – 314

3. 稲作 (3.C.) CH₄

3.1 DNDC-Rice モデルを適用した算定方法の改善 (3.C. 全体)

(1) 検討課題

2014年度の検討において、水田の稲わら処理方法や肥料の種類によるメタン発生量の変化を推定する数理モデル (DeNitrification-DeComposition (DNDC-Rice) モデル) から算出された CH₄ 排出係数を使用する算定方法に変更した。しかし、現在の CH₄ 排出係数は中干し期間の違いや稲わらの施用時期の違いなどを反映していないため、中干し期間の延長などの CH₄ 削減対策や実際の栽培実態を反映できない算定方法となっている。従って、より適切に栽培実態が反映され正確なメタン排出量算定となるよう、算定方法を改善していく必要がある。

また、DNDC-Rice モデルの結果を使用した CH₄ 排出係数は、稲わらと堆肥で同じ排出係数算出式となっている。稲わらと堆肥でメタン排出量が異なると考えられることから、稲わらと堆肥で別々の排出係数算出式を適用する必要がある。

(2) 対応方針

現在研究機関において、DNDC-Rice モデルへの改良についての研究が進められている。その研究の進展を踏まえ、算定方法の変更について引き続き検討していく。

4. 農用地の土壌 (3.D.) N₂O

4.1 土壌への有機物施用由来の N₂O 排出量推計の精緻化 (3.D.a.2 直接排出 有機質肥料)

(1) 検討課題

家畜排せつ物量等から算出した有機質肥料の総施用量は、先行研究や単位面積当たり有機質肥料施用量に作付面積を乗じて算出した有機質肥料施用量とは大きな差が生じている状況である。従って、有機質肥料の施用からの N₂O 排出量のさらなる算定精緻化に向け、インベントリにおける窒素フローの精度の検証及び精緻化を行う必要がある。また、化学肥料と同じ排出係数を使用しているため、有機質肥料独自の排出係数が設定できないか、検討を行う。

(2) 対応方針

1) 有機質肥料施用量の精緻化

有機質肥料施用量の精緻化に向けては、家畜排せつ物処理方法の詳細な把握など窒素フローの検証が必要となる。今後、研究機関における研究の進展状況を踏まえ、引き続き算定方法の改善を進めていく。

2) N₂O 排出係数の設定

有機質肥料の N₂O 排出係数に関する調査が研究機関で行われている。その研究の進展を踏まえ、N₂O 排出係数の設定の検討を進めていくこととする。

4.2 土壤有機物中の炭素の消失により無機化された窒素からの N₂O 排出量算定の精緻化 (3.D.a.5 直接排出 土壤有機物中の炭素の消失により無機化された窒素)

(1) 検討課題

土地利用変化や農業活動による土壤攪乱で鉱質（無機質）土壤中の有機物が酸化され炭素が失われることで、無機化された窒素が土壤中に残存する。その窒素が施肥された窒素と同じように変化し大気中に排出される N₂O が、2006 年 IPCC ガイドラインにおいて新たに算定対象となり、昨年度までの農業分科会において算定方法の設定を行った。しかし、現在の算定方法は、2006 年 IPCC ガイドラインで示されている土壤炭素の分解量から N₂O 排出量を求める算定方法とは異なるため、2006 年 IPCC ガイドラインに則った算定方法になるよう算定方法の改善を図る必要がある。

(2) 対応方針

現在研究機関において 2006 年 IPCC ガイドラインの算定方法に整合した算定方法の研究開発を進めており、次年度以降、研究開発が完了した後にインベントリへの反映を検討することとする。