

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つの分野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CH₄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CH₄及びN₂O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CH₄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N₂O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CH₄及びN₂Oの排出について報告を行う（CH₄・N₂O以外にもCOが発生する）。

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。

2006年度における当該分野からの温室効果ガス排出量27,368Gg-CO₂であり、我が国の温室効果ガス総排出量の2.0%を占めている。また、1990年度の排出量と比較すると15.1%の減少となっている。

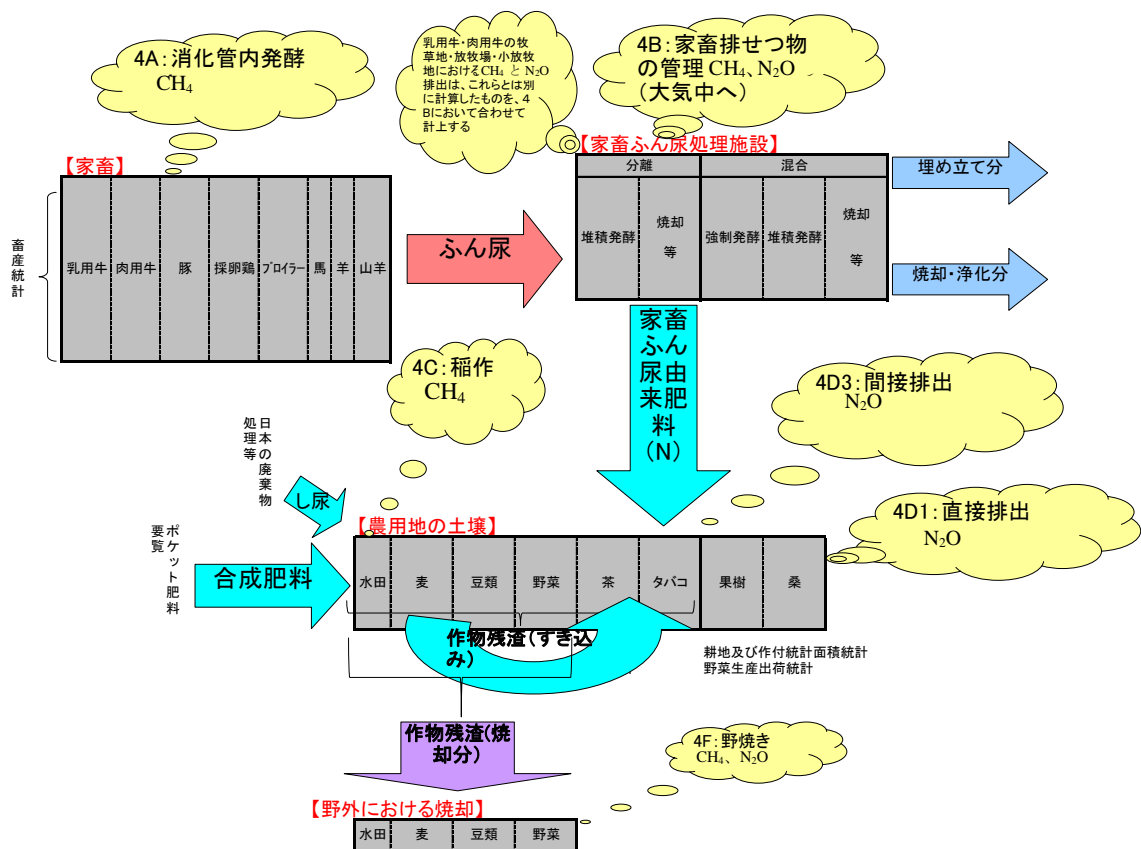


図 6-1 農業分野における分野間の関係について

6.2. 消化管内発酵 (4.A.)

牛、水牛、めん羊、山羊は反すう動物であり、消化管の中に住み着いている微生物が牧草などの繊維を消化（発酵）し、その発酵によって生じた CH₄ を空気中に放出している。馬、豚は消化管内発酵により CH₄ を発生させ、それを大気中に放出している。消化管内発酵(4.A.)ではこれらの CH₄ 排出に関する算定、報告を行なう。

2006 年度におけるこのカテゴリーからの温室効果ガス排出量は 7,035Gg-CO₂ であり、我が国の温室効果ガス総排出量の 0.5% を占めている。また、1990 年度の排出量と比較すると 7.9% の減少となっている。

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による CH₄ 排出に関する算定、報告を行なう。

b) 方法論

■ 算定方法

「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 CH₄ 排出量については、Tier 2 法と類似した日本独自の手法を用い、牛（乳用牛、肉用牛）の飼養頭数に、乾物摂取量に基づき設定した排出係数を乗じて CH₄ 排出量を求めた。

牛は、5～6ヶ月目には普通の餌を食べるようになるため、月齢5ヶ月以上の牛を消化管内発酵による CH₄ 排出の算定対象とする。我が国の排出実態を反映するために、牛の算定区分を表 6-1 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 6-1 牛の消化管内発酵に伴う CH₄ 排出の算定区分

| 家畜種 | | 排出量算定の前提条件等 |
|--------------|--------------------------------------|---|
| 乳用牛 | 泌乳牛 | — |
| | 乾乳牛 | — |
| | 育成牛(2歳未満、月齢5、6ヶ月除く) | 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。 |
| | 育成牛(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。 |
| 肉用牛 | 繁殖雌牛(1歳以上) | — |
| | 繁殖雌牛(1歳未満、月齢5、6ヶ月除く) | 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。 |
| | 繁殖雌牛(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。 |
| | 和牛(1歳以上) | — |
| | 和牛(1歳未満、月齢5、6ヶ月除く) | 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。 |
| | 和牛(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、6ヶ月除く) | 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。 |
| 乳用種(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。 | |

■ 排出係数

牛の消化管内発酵に伴う CH₄ の排出係数については、日本における反すう家畜を対象とした呼吸試験の結果（乾物摂取量に対する CH₄ 発生量の測定データ）に基づいて設定した。測定結果によると、反すう家畜の消化管内発酵に伴う CH₄ 発生量は、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¹。

反すう家畜の消化管内発酵 CH₄ 排出量

$$Y = -17.766 + 42.793 X - 0.849X^2$$

Y：メタン発生量 [l/日/頭]

X：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の増体日量を代入することで算定した。乳脂肪補正乳量については、乳量は農林水産省「牛乳乳製品統計」及び「畜産統計」を、乳脂肪率は農林水産省「畜産物生産費統計」を使用し、毎年度データを更新した。体重・体重の増体日量は、「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。

家畜の消化管内発酵 CH₄ 排出係数の算定式 (kgCH₄/頭)

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

■ 活動量

当該排出区分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計算により算出した。

表 6-2 牛の消化管内発酵に伴う活動量

| 項目 | | 単位 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | |
|---------------|----------------------|-----------------------|--------|-------|------|------|------|------|-----|
| 乳用牛 | 泌乳牛 | 1000 頭 | 1,082 | 1,035 | 971 | 900 | 871 | 871 | |
| | 乾乳牛 | 1000 頭 | 332 | 299 | 249 | 231 | 221 | 221 | |
| | 育成牛 (2歳未満、月齢5.6ヶ月除く) | 1000 頭 | 491 | 445 | 379 | 379 | 375 | 375 | |
| | 育成牛 (月齢5、6ヶ月) | 1000 頭 | 55 | 49 | 42 | 42 | 42 | 42 | |
| 肉用牛 | 繁殖雌牛 | 1歳以上 | 1000 頭 | 679 | 646 | 612 | 593 | 607 | 607 |
| | | 1歳未満、月齢5、6ヶ月除く | 1000 頭 | 17 | 13 | 12 | 14 | 14 | 14 |
| | | 月齢5、6ヶ月 | 1000 頭 | 6 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| | 肥育牛 | 和牛・雄 (1歳以上) | 1000 頭 | 368 | 412 | 385 | 374 | 392 | 392 |
| | | 和牛・雄 (1歳未満、月齢5、6ヶ月除く) | 1000 頭 | 125 | 133 | 114 | 119 | 118 | 118 |
| | | 和牛・雄 (月齢5、6ヶ月) | 1000 頭 | 42 | 44 | 38 | 40 | 39 | 39 |
| | | 和牛・雌 (1歳以上) | 1000 頭 | 197 | 265 | 246 | 291 | 291 | 291 |
| | | 和牛・雌 (1歳未満、月齢5、6ヶ月除く) | 1000 頭 | 102 | 105 | 93 | 89 | 94 | 94 |
| | | 和牛・雌 (月齢5、6ヶ月) | 1000 頭 | 34 | 35 | 31 | 30 | 31 | 31 |
| | | 乳用種 (月齢5、6ヶ月除く) | 1000 頭 | 805 | 808 | 845 | 789 | 798 | 798 |
| 乳用種 (月齢5、6ヶ月) | 1000 頭 | 89 | 90 | 94 | 88 | 89 | 89 | | |

¹ 柴田、寺田、栗原、西田、岩崎「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

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

上記の表 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。活動量の不確実性は「畜産統計」掲載の統計誤差を使用するが、牛の統計誤差は示されていないため、採卵鶏の 0.67%を採用した。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、算出している。

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、2006 年度の活動量の修正・更新により、2005 年度の排出量が変更された。

また、乳用牛の排出係数算出に使用する乾物摂取量の算出に必要なパラメータの 1 つである、乳用牛の体重について、1999 年度以来の更新が 2006 年度に行われた。これまで、2000～2005 年度値は 1999 年度値を据え置いていたが、2006 年度値が公表されたことから、2000～2005 年度値は 1999 年度値と 2006 年度値の内挿で求めることにした。その結果、1998～2005 年度の排出量に変更された（3 年平均であるため 1998 年度も変更の対象となる）。

f) 今後の改善計画および課題

- ・GPG(2000) では、各国独自に算定した家畜の総エネルギー摂取量に CH_4 変換係数を乗じて排出係数を算出することとされているが、我が国では乾物摂取量をもとに排出係数を算定しているため、差異について検討する必要がある。

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_4 排出に関する算定、報告を行なう。

b) 方法論

■ 算定方法

水牛、めん羊、山羊、豚、馬の消化管内発酵に伴う CH_4 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 CH_4 排出量の算定を行った。

■ 排出係数

めん羊、山羊の CH_4 排出係数については、牛と同様に乾物摂取量から推定される CH_4 排出

量から設定した値を用いた。豚の CH₄ 排出係数については、日本国内の研究成果に基づく値を設定した。水牛、馬の CH₄ 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 6-3 水牛、めん羊、山羊、豚、馬の消化管内発酵に伴う CH₄ 排出係数

| 家畜種 | 乾物摂取量[kg] | CH ₄ 発生係数[kg/年/頭] ^a |
|-----------------|-----------|---|
| めん羊、山羊 | 0.8 | 4.1 |
| 豚 ^b | — | 1.1 |
| 馬 ^c | — | 18.0 |
| 水牛 ^c | — | 55.0 |

a : (メタン発生量 [l/日/頭]) / (1mol の体積) × (CH₄ 分子量) × (年間日数) で算定

b : 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、59:pp773-778(1988)

c : 1996 年改訂 IPCC ガイドライン

■ 活動量

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。めん羊、山羊、馬の活動量については、FAO の HP に示される「FAO 統計」の値を用いた。水牛の活動量は「沖縄県畜産統計」に示された水牛の飼養頭数を用いた。

表 6-4 水牛、めん羊、山羊、豚、馬の頭数

| 家畜種 | 単位 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 |
|-----|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| めん羊 | 1000 頭 | 31 | 20 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 山羊 | 1000 頭 | 35 | 30 | 35 | 34 | 34 | 34 |
| 豚 | 1000 頭 | 11,335 | 9,900 | 9,788 | 9,620 | 9,759 | 9,759 |
| 馬 | 1000 頭 | 23 | 29 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 水牛 | 1000 頭 | 0.21 | 0.12 | 0.10 | 0.08 | 0.08 | 0.08 |

※ 2007 年度は 2006 年度値を代用

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」の 0.41% を採用し、豚以外の家畜の活動量の不確実性は採卵鶏の 0.67% を採用した。その結果、排出量の不確実性は各家畜とも 50% 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 年から 2007 年まで一定値を使用している。活動量については、豚は「畜産統計」を、めん羊、山羊、馬は「FAO 統計」を、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

「6.2.1. 牛」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、豚について、2006 年度の活動量の修正・更新

により、2005年度の排出量が変更された。

f) 今後の改善計画および課題

- ・1996年改定 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_4 が排出されると考えられるが、我が国の文献に排出係数のデータは存在せず、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。

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_4 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_4 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_4 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_2O が発生する。

2006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_4 が 2,471Gg- CO_2 、 N_2O が 4,733Gg- CO_2 であり、我が国の温室効果ガス総排出量のそれぞれ 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 20.8%、14.6% の減少となっている。

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、豚、家禽類の家畜排せつ物の管理による CH_4 、 N_2O 排出に関する算定、報告を行なう。

なお、牛については「厩舎内」と「放牧」に分けて算定を行い、その算定結果を合計することとする。

b) 方法論

i) 厩舎内の牛、豚、家禽類

■ 算定方法

牛（乳用牛、肉用牛）、豚、家禽類（採卵鶏、ブロイラー）の厩舎内の排せつ物の管理に伴う CH₄ 排出については、家畜種ごとの排せつ物中に含まれる有機物量に、排せつ物管理区分ごとの排出係数を乗じて、CH₄ 排出量の算定を行った。

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

E : 牛、豚、家禽の排せつ物管理に伴う CH₄ 排出量 (gCH₄)

EF_n : 排せつ物管理区分 n の排出係数 (gCH₄/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)

牛（乳用牛、肉用牛）、豚、家禽類（採卵鶏、ブロイラー）の排せつ物の管理に伴う N₂O 排出については、家畜種ごとの排せつ物中に含まれる窒素量に、排せつ物管理区分ごとの排出係数を乗じて、N₂O 排出量の算定を行った。

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

E : 牛、豚、家禽の排せつ物管理に伴う N₂O 排出量 (gN₂O)

EF_n : 排せつ物管理区分 n の排出係数 (gN₂O-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 (gN)

■ 排出係数

乳用牛、肉用牛、豚、採卵鶏、ブロイラーの家畜排せつ物の管理に伴う CH₄ 及び N₂O の排出係数については、我が国における研究成果を踏まえ、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。

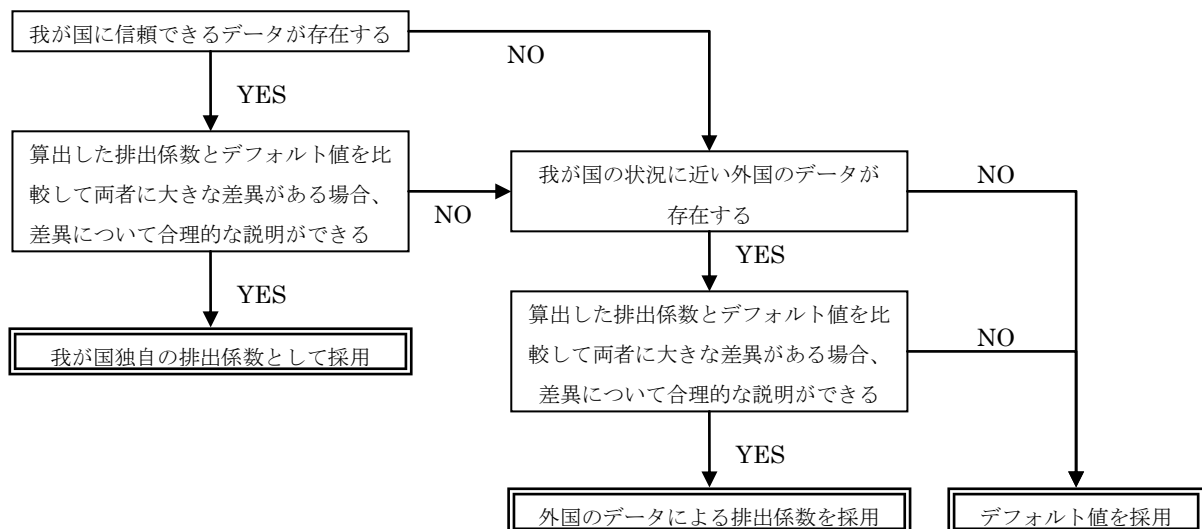


図 6-2 排出係数決定のためのデシジョンツリー

表 6-5 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 | 3.00 % | D | 8.7 % | D | — | — | |
| 13. 天日乾燥 | 0.20 % | J | 0.20 % | J | 0.20 % | J | 0.20 % | J | |
| 14. Other | 13a. 火力乾燥 | 0 % | Z | 0 % | Z | 0 % | Z | 0 % | Z |
| | 13b. 強制発酵・ふん | 0.044 % | D | 0.034 % | D | 0.097 % | D | 0.14 % | J |
| | 13c. 堆積発酵 | 3.80 % | J | 0.13 % | J | 0.16 % | J | 0.14 % | J |
| | 13d. 焼却 | 0.4 % | O | 0.4 % | O | 0.4 % | O | 0.4 % | O |
| | 13e. 強制発酵・尿及びふん尿混合 | 0.044 % | D | 0.034 % | D | 0.097 % | D | — | — |
| | 13f. 浄化 | 0.0087% | D | 0.0067% | D | 0.019% | D | — | — |

表 6-6 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 | |
| 13. 天日乾燥 | 2.0 % | | | | | | | J | |
| 14. Other | 13a. 火力乾燥 | 2.0 % | | | | | | | J |
| | 13b. 強制発酵・ふん | 0.25 % | | | | | | | J |
| | 13c. 堆積発酵 | 2.40 % | J | 1.60 % | J | 2.50 % | J | 2.0 % | D |
| | 13d. 焼却 | 0.1 % | | | | | | | O |
| | 13e. 強制発酵・尿及びふん尿混合 | 2.0 % | | | | | | | D |
| | 13f. 浄化 | 5.0 % | | | | | | | J |

D: IPCC ガイドラインのデフォルト値を利用

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

*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

【CH₄】

| 処理区分 | 参考文献 | |
|----------------------------------|--|--|
| 11 Liquid Systems (貯留・尿) | GPG (2000) | |
| 12 Solid Storage & Drylot (天日乾燥) | 石橋誠、橋口純也、古閑護博 (2003) 「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 | |
| 13 Other | 13a. Thermal Drying (火力乾燥) | (社) 畜産技術協会 (平成14年3月) 「畜産における温室効果ガスの発生制御 総集編」 4.家畜排せつ物からのメタン及び亜酸化窒素の発生の制御 |
| | 13b. Composting (強制発酵・ふん) | 鶏以外: GPG (2000) 鶏: Takashi Osada, Yasuyuki Fukumoto, Tadashi Tamura, Makoto Shiraihi, Makoto Ishibashi (2005) : Greenhouse gas generation from livestock waste composting, Non-CO ₂ Greenhouse Gases (NCGG-4), Proceedings of the Fourth International Symposium NCGG-4, 105-111 |
| | 13c. Piling (堆積発酵) | 同上(鶏) |
| | 13d. Incineration (焼却) | (社) 畜産技術協会 (平成14年3月) 「畜産における温室効果ガスの発生制御 総集編」 4.家畜排せつ物からのメタン及び亜酸化窒素の発生の制御 IPCC (1995) : IPCC1995Report ; Agricultural Options for Mitigation of Greenhouse Gas Emissions, 747-771 |
| | 13e. Liquid Composting (強制発酵・尿及びふん尿混合) | GPG(2000) |
| | 13f. Purification (浄化) | GPG(2000) |

【N₂O】

| 処理区分 | 参考文献 | |
|----------------------------------|--|---|
| 11 Liquid Systems (貯留・尿) | 1996年改訂IPCCガイドライン及びGPG (2000) | |
| 12 Solid Storage & Drylot (天日乾燥) | 1996年改訂IPCCガイドライン及びGPG (2000) | |
| 13 Other | 13a. Thermal Drying (火力乾) | 1996年改訂IPCCガイドライン及びGPG (2000) |
| | 13b. Compsting (強制発酵・ふん) | Takeshi Osada, Kazutaka Kuroda, Michihiro Yonaga(2000): Determination of nitrous oxide, methane, and ammonia emissions from a swine waste composting process, J Mater Cycles Waste Manag(2000) 2, 51-56 |
| | 13c. Piling (堆積発酵) | [鶏以外]: Takashi Osada, Yasuyuki Fukumoto, Tadashi Tamura, Makoto Shiraihi, Makoto Ishibashi (2005) : Greenhouse gas generation from livestock waste composting, Non-CO2 Greenhouse Gases (NCGG-4), Proceedings of the Fourth International Symposium NCGG-4, 105-111 |
| | 13d. Incineration (焼却) | (社)畜産技術協会(平成14年3月)「畜産における温室効果ガスの発生制御 総集編」4.家畜排せつ物からのメタン及び亜酸化窒素の発生の制御 |
| | 13e. Liquid Composting (強制発酵・尿及びふん尿混合) | GPG (2000) |
| | 13f. Purification (浄化) | Takashi Osada (2003) : Nitrous Oxide Emission from Purification of Liquid Portion of Swine Wastewater, Greenhouse Gas Control Technologies, J. Gale and Y. Kaya (Eds.) |

■ 活動量

乳用牛、肉用牛、豚、採卵鶏、ブロイラーの家畜排せつ物の管理に伴う CH₄、N₂O 排出の活動量については、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及び年間窒素量は、家畜種ごとの飼養頭数に一頭当たりの排せつ物排せつ量を乗じることによって総量を算定する。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を割り振った。

CH₄の活動量：各家畜種から排せつされる有機物量[千t]

$$= \text{家畜の飼養頭数 [千頭]} \times \text{排せつ物排せつ量 [t/頭/年]} \times \text{排せつ物中の有機物含有率 [\%]} \times \text{排せつ物分離処理の割合 [\%]} \times \text{各管理区分割合 [\%]}$$

(出典)

家畜の飼養頭数：農林水産省「畜産統計」

排せつ物排せつ量：(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」

排せつ物中の有機物含有率：同上

排せつ物分離処理の割合：同上

各管理区分割合：(社)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」

N₂Oの活動量：各家畜種から排せつされる窒素量[千t]

$$= \text{家畜の飼養頭数 [千頭]} \times \text{排せつ物排せつ量 [t/頭/年]} \times \text{排せつ物中の窒素含有率 [\%]} \times \text{排せつ物分離処理の割合 [\%]} \times \text{各管理区分割合 [\%]}$$

(出典)

排せつ物中の窒素含有率：(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」

その他については CH₄ と同じ

○ 牛の飼養頭数

放牧中の牛との重複を避けるため、牛の飼養頭数は乳用牛・肉用牛の「全飼養頭数」から

放牧分の活動量「放牧頭数×放牧日数（190日）/1年の日数（365日または366日）」を差し引いて設定した。

表 6-7 家畜種ごとの排せつ物排せつ量

| 家畜種 | 年間ふん排せつ量 [t/頭/年] | 年間尿排せつ量 [t/頭/年] |
|-------|------------------|-----------------|
| 乳用牛 | 12.6 | 3.72 |
| 肉用牛 | 6.77 | 2.49 |
| 豚 | 0.808 | 1.5 |
| 採卵鶏 | 0.0441 | — |
| ブロイラー | 0.0474 | — |

(出典) (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」(平成14年3月)

表 6-8 家畜種ごとの排せつ物中の有機物含有率と窒素含有率(湿ベース)

| 家畜種 | 有機物含有率 | | 窒素含有率 | |
|-------|--------|------|-------|------|
| | ふん | 尿 | ふん | 尿 |
| 乳用牛 | 16% | 0.5% | 0.4% | 0.8% |
| 肉用牛 | 18% | 0.5% | 0.4% | 0.8% |
| 豚 | 20% | 0.5% | 1.0% | 0.5% |
| 採卵鶏 | 15% | — | 2.0% | — |
| ブロイラー | 15% | — | 2.0% | — |

(出典) (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」(平成14年3月)

表 6-9 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 |
|-------|-------|-------|
| 乳用牛 | 60% | 40% |
| 肉用牛 | 7% | 93% |
| 豚 | 70% | 30% |
| 採卵鶏 | 100% | — |
| ブロイラー | 100% | — |

(出典) (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」(平成14年3月)

表 6-10 家畜種ごとの排せつ物区分割合

| 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 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ふん尿 分離処理 | ふん | 天日乾燥 | 2.8% | 1.5% | 7.0% | 30.0% | 15.0% |
| | | 火力乾燥 | 0.0% | 0.0% | 0.7% | 3.0% | 0.0% |
| | | 強制発酵 | 9.0% | 11.0% | 62.0% | 42.0% | 5.1% |
| | | 堆積発酵等 | 88.0% | 87.0% | 29.6% | 23.0% | 66.9% |
| | | 焼却 | 0.2% | 0.5% | 0.7% | 2.0% | 13.0% |
| | 尿 | 強制発酵 | 1.5% | 9.0% | 10.0% | — | — |
| | | 浄化 | 2.5% | 2.0% | 45.0% | — | — |
| ふん尿 混合処理 | 貯留 | 96.0% | 89.0% | 45.0% | — | — | |
| | 天日乾燥 | 4.7% | 3.4% | 6.0% | — | — | |
| | 火力乾燥 | 0.0% | 0.0% | 0.0% | — | — | |
| | 強制発酵 | 20.0% | 22.0% | 29.0% | — | — | |
| | 堆積発酵 | 14.0% | 74.0% | 20.0% | — | — | |
| | 浄化 | 0.3% | 0.0% | 22.0% | — | — | |
| 貯留 | 61.0% | 0.6% | 23.0% | — | — | | |

(出典) (社) 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)

■ 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。

ii) 放牧中の牛

家畜が放牧中に排せつする排せつ物（放牧されている家畜によって放牧地及び水飲み場に直接排せつされたふん尿）により、排せつ物中の有機物がメタン発酵により CH₄ に変換され CH₄ が発生する。同じく排せつ物中の窒素分はアンモニウムイオンとして発生し、好気条件下でそのアンモニウムイオンが硝酸態窒素に酸化される過程で N₂O が発生する。

我が国では、牛以外の家畜の放牧実態については統計等の情報で把握できないため、本カテゴリーでは牛の放牧を対象に排出量の計上を行なう。なお、CRF では 4D ではなく、4B で計上を行うこととする。

■ 算定方法

放牧における、牧草地・放牧場・小放牧地の排せつ物からの CH₄、N₂O 排出については、牛の放牧を対象に、GPG (2000) のデシジョンツリー (Page 4.55, Fig.4.7) に従い、我が国独自の排出係数に総放牧頭数を乗じて排出量の算定を行った。

■ 排出係数

一日あたりに牛一頭が排せつする排せつ物からの CH₄、N₂O 発生量(g)のデータを排出係数として用いる。データは放牧期間中に放牧牛から排せつされる排せつ物中の炭素量のモデル出力値に、放牧牛の排せつ物中に含まれる炭素当たりの CH₄、N₂O 発生量の実測値を乗じることにより設定している。

放牧牛から排せつされる排せつ物中の炭素量は、放牧牛成長モデルによって、放牧地における草の生産量や質、気象条件、放牧牛の日齢等に基づき算出されている。

表 6-11 家畜生産の排出係数

| GHGs | 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) (社) 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)

■ 活動量

活動量は、放牧頭数に、放牧期間を乗じることによって設定した。放牧頭数は「平成 16 年度畜産統計」による公共牧場、民間牧場双方を含めた全放牧頭数により把握する。2002 年度以前は統計が存在しないため、1990～2002 年度の放牧頭数は、2003 年度と 2004 年度の放牧頭数割合 (= 「畜産統計の放牧頭数」 / 「総飼養頭数」) の平均値を算出し、その割合を、全ての年で一定であると想定して、各年度の総放牧頭数に乗じることで算出することとする。

放牧期間については、「牛の放牧場の全国実態調査 (2000 年) 報告書」に示された調査結果の季節放牧 (平均放牧日数 172.8 日、牧場数 623) と周年放牧 (放牧日数を 365 日と仮定、

牧場数 61) の値を用い、放牧日数を牧場数で加重平均を行ない 190 日と設定した。

表 6-12 放牧頭数の推移

| 項目 | 単位 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 |
|---------|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 乳用牛放牧頭数 | 頭 | 302,219 | 281,603 | 252,088 | 245,100 | 236,500 | 236,500 |
| 肉用牛放牧頭数 | 頭 | 99,723 | 103,150 | 99,769 | 116,300 | 98,500 | 98,500 |

※ 2007 年度は2006 年度値を代用

iii) 共通報告様式 (CRF) での報告方法について

共通報告様式 (CRF) では、当該区分の CH₄ 排出を家畜種ごとに報告することとされているが、N₂O 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 6-13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」、「スラリー」、「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多いため、たい肥化による運搬性、取扱い性の改善が不可欠であること、②我が国は降雨量が多く施肥の流失が生じやすく、水質保全、悪臭防止、衛生管理といった観点からの要請も強いため、様々な作物生産への施肥において、スラリーや液状物に比べ、たい肥に対する需要はるかに大きいことなどがあげられる。

「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 6-13 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) | 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) | 堆肥盤、堆肥舎等に堆積し、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。 |
| | 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 | 11. 汚水処理 | 貯留槽に貯留する。 | |
| 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) | 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 (e. 強制発酵（液状）) | 固形状の場合、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。液状の場合、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) | 堆肥盤、堆肥舎等に堆積し、時々切り返しながら数ヶ月かけて発酵させる。 | |
| | 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（スラリーストア等）に貯留する。 | |

iv) 家畜ふん尿から農地に使用される窒素量

現在、「4.D.2. 間接排出」における家畜排せつ物由来の有機物肥料の施肥量は、家畜排せつ物中の総窒素量から、大気中に気体として揮発する量、完全に窒素分が消失する「焼却」・「浄化」処理を行う量、及び廃棄物として埋立処分される量を除いた量を使用している。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加えて我が国でどのように管理されているか詳細が不明であるため、対象から除く。

■ 算定方法

家畜排せつ物由来の有機物肥料の施肥量は、厩舎分の家畜排せつ物に含まれる全窒素量から、「直接最終処分」される排せつ物に含まれる窒素量、 N_2O として大気中に揮発した窒素量、 NH_3 や NO_x として大気中に揮発した窒素量、及び「焼却」・「浄化」処理された窒素量を除いた窒素量とする。

$$N_D = N_{all} - N_{N_2O} - N_{NH_3+NO_x} - N_{inc+waa} - N_{waste}$$

| | |
|-----------------|---|
| N_D | : 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_{all} | : 家畜から排せつされた窒素総量 (既舎分) (kg N) |
| N_{N_2O} | : 家畜排せつ物から N_2O として大気中に揮発した窒素量 (既舎分) (kg N) |
| $N_{NH_3+NO_x}$ | : 家畜排せつ物から NH_3 や NO_x として揮発した窒素量 (既舎分) (kg NH_3-N+NO_x-N) |
| $N_{inc+waa}$ | : 「焼却」及び「浄化」処理された窒素量 (既舎分) (kg N) |
| N_{waste} | : 「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) |

○ 排せつ物から N_2O として大気に揮発した量

排せつ物から N_2O として大気に揮発した窒素量については、家畜排せつ物処理における N_2O 排出量の算定結果より把握した。

○ 家畜排せつ物から NH_3 や NO_x として揮発した量

家畜排せつ物から NH_3 や NO_x として揮発した窒素量は、各家畜の窒素排せつ量に、各家畜の排せつ物から NH_3 や NO_x として揮発する割合を乗じて算出する。家畜排せつ物から揮発する NH_3 や NO_x の割合については、 NO_x の揮発割合が不明なため NH_3 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_3 推定揮散率」を使用することとする。

表 6-14 家畜糞尿からのアンモニア推定揮発率

| 家畜種 | 値 |
|-----------|-----|
| 乳用牛、肉用牛 | 10% |
| 豚 | 20% |
| 採卵鶏、ブロイラー | 30% |

(出典) (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」(平成14年3月)

○ 焼却・浄化処理された窒素量

家畜排せつ物処理において「焼却」・「浄化」処理に振分けられた窒素量から把握した。

○ 直接最終処分された家畜排せつ物中の窒素量

廃棄物として埋立てられ最終処分される家畜排せつ物は、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」)に分かれる。

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」されることとする(採卵鶏、ブロイラーについては、「ふん」の「堆積発酵」と同様の状態とする)。なお、「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、かつ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」に加えることとする。

直接最終処分された家畜排せつ物中の窒素量は、「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」に示される直接最終処分量と処理後最終処分量の合計値を、牛、豚の「ふん尿混合-貯留」処理されるふん尿量、及び採卵鶏・ブロイラーの「ふん-堆積発酵」処理されるふん量で按分し、牛、豚についてはふん量と尿量でさらに按分する。これに各家畜毎のふん、尿毎の窒素含有率(表 6-6)を乗じて算定した。

| |
|--|
| <p>直接最終処分された家畜排せつ物中の窒素量 $= \text{家畜種} \cdot \text{ふん尿別処分量} \times \text{家畜種} \cdot \text{ふん尿別窒素含有率}$</p> |
|--|

表 6-15 家畜ふん尿から農地に利用される窒素量（単年値）

| 項目 | 単位 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 |
|---|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ふん尿中の窒素総量 | tN | 763,882 | 713,759 | 677,417 | 654,381 | 663,310 | 663,344 |
| 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 | 9,308 | 8,687 | 8,200 | 7,917 | 8,026 | 8,027 |
| 大気中に NH_3 、 NO_x として排出される窒素量（ $N_{NH_3+NO_x}$ ） | tN | 139,990 | 130,297 | 124,022 | 119,597 | 121,930 | 121,934 |
| 浄化・焼却によって消失する窒素量 | tN | 61,037 | 53,041 | 51,005 | 49,888 | 50,651 | 50,652 |
| 埋立され消失する窒素量（ N_{waste} ） | tN | 15,869 | 13,792 | 12,946 | 13,989 | 14,172 | 14,171 |
| 農用地に肥料として還元される窒素量（ N_p ） | tN | 537,678 | 507,943 | 481,244 | 462,990 | 468,530 | 468,561 |

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。牛は「厩舎」と「放牧」に分けて評価を行い、最終的に2つの不確実性を合成した。

「放牧」の牛以外の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）及び専門家判断により評価を行った。「放牧」の牛の排出係数は不確実性評価のデシジョンツリー、及び専門家判断により評価を行った。

活動量の不確実性は、豚は「畜産統計」の0.41%を採用し、牛（総飼養頭数）、採卵鶏、ブロイラーは「畜産統計」の採卵鶏の0.67%を採用した。放牧牛については、不確実性評価のデシジョンツリーに従い、H14年度検討会での設定値（50%）を用いた。

その結果、排出量の不確実性は乳用牛の CH_4 、 N_2O でそれぞれ77%、97%、肉用牛の CH_4 、 N_2O でそれぞれ73%、125%、豚の CH_4 、 N_2O でそれぞれ106%、75%、家禽類（採卵鶏・ブロイラー）の CH_4 、 N_2O でそれぞれ73%、103%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、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、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。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

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、2006年度の活動量の修正・更新により、2005年度の排出量が変更された。

f) 今後の改善計画および課題

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、排出係数の見直しを検討する。

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 CH₄、N₂O 排出に関する算定、報告を行なう。

b) 方法論

1) CH₄

■ 算定方法

水牛、めん羊、山羊、馬のふん尿管理に伴う CH₄ 排出については、GPG（2000）のデシジョンツリー（Page 4.33, Fig.4.3）に従い Tier 1 法を用いて CH₄ 排出量の算定を行った。

$$\begin{aligned} & \text{家畜の排せつに伴う CH}_4 \text{ 排出量 (kgCH}_4\text{)} \\ & = \text{家畜の排出係数 [kgCH}_4\text{/年/頭]} \times \text{家畜の飼養頭数} \end{aligned}$$

■ 排出係数

めん羊、山羊、馬のふん尿管理に伴う CH₄ 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採用した。水牛については「Asia」温帯のデフォルト値を採用した。

表 6-16 水牛、めん羊、山羊、馬の CH₄ 排出係数

| 家畜種 | 排出係数 [kg CH ₄ /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 | 2.0 | 1996 年改訂 IPCC ガイドライン Vol.3 p4.13 Table4-6 |

■ 活動量

めん羊、山羊、馬の活動量については、FAO の HP に示される「FAO 統計」の値を用いた。水牛の活動量は「沖縄県畜産統計」に示された水牛の飼養頭数を用いた（表 6-4）。

2) N₂O

■ 算定方法

水牛、めん羊、山羊、馬のふん尿管理に伴う N₂O 排出については、GPG（2000）のデシジョンツリー（Page 4.41, Fig.4.4）に従い、Tier 1 法を用いて N₂O 排出量の算定を行った。

$$\begin{aligned} & \text{家畜の排せつに伴う N}_2\text{O 排出量 (kgN}_2\text{O)} \\ & = \text{各家畜の排せつ物管理区分毎の排出係数 [kgN}_2\text{O-N/kgN]} \times \text{家畜の排せつ物中の窒素量 [kgN/頭]} \times \text{排せつ物管理区割合} \times \text{家畜の飼養頭数 [頭]} \end{aligned}$$

■ 排出係数

めん羊、山羊、馬のふん尿管理に伴う N₂O 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)」のデフォルト値を採用した。

表 6-17 水牛、めん羊、山羊、馬の排出係数[kgN₂O-N/ kgN]

| 排せつ物管理区分 | | 排出係数 [kgN ₂ O-N/ kgN] |
|--|-----------------|----------------------------------|
| 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 a. Thermal Drying | その他 (火力乾燥) | 0.0% |
| 14. Other b. Compsting | その他 (強制発酵) | 0.0% |
| 14. Other c. Piling | その他 (堆積発酵) | 0.0% |
| 14. Other d. Incineration | その他 (焼却) | 0.0% |
| 14. Other e. Liquid Compsting | その他 (強制発酵[液状]) | 0.0% |
| 14. Other f. Purification | その他 (浄化) | 0.0% |
| 14. Other g. Daily Spread | その他 (逐次散布) | 0.0% |
| 14. Other h. Pasture Range and Paddock | その他 (放牧地/牧野/牧区) | 2.0% |
| 14. Other i. Used Fuel | その他 (燃料利用) | 0.0% |
| 14. Other j. 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

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CH₄排出量の算定に用いたものと同じ値を用いた。

表6-18 水牛、めん羊、山羊、馬の排せつ物中窒素量[kgN/頭/年]

| 家畜種 | 排出係数[kg N/頭/年] |
|-----|----------------|
| めん羊 | 12 |
| 山羊* | 40 |
| 馬* | 40 |
| 水牛* | 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 6-19 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 a. Thermal Drying | その他 (火力乾燥) | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 14. Other b. Compsting | その他 (強制発酵) | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 14. Other c. Piling | その他 (堆積発酵) | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 14. Other d. Incineration | その他 (焼却) | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 14. Other e. Liquid Compsting | その他 (強制発酵[液状]) | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 14. Other f. Purification | その他 (浄化) | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 14. Other g. Daily Spread | その他 (逐次散布) | 16% | 0% | 0% | 0% |
| 14. Other h. Pasture Range and Paddock | その他 (放牧地/牧野/牧区) | 29% | 83% | 95% | 95% |
| 14. Other i. Used Fuel | その他 (燃料利用) | 40% | 0% | 0% | 0% |
| 14. Other j. Other system | その他 (その他処理) | 0% | 17% | 5% | 5% |

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CH₄、N₂Oとも100%とした。活動量の不確実性は、各家畜とも類似排出源の不確実性の値を使用することとし、牛の不確実性である0.67%を採用した。その結果、各家畜の不確実性は、CH₄、N₂Oとも100%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年から2007年まで一定値を使用している。活動量は「FAO統計」をもとに、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

特に無し。

f) 今後の改善計画および課題

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・ラマ (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.)

CH₄は嫌気性条件で微生物の働きによって生成されるため、水田はCH₄生成に好適な条件が整っていると言える。ここでは、間欠灌漑水田と常時湛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。

2006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5,743Gg-CO₂であり、我が国の温室効果ガス総排出量の0.4%を占めている。また、1990年度の排出量と比較すると18.0%の減少となっている。

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_4 排出の算定、報告を行う。

■ 日本の水田における水管理について

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

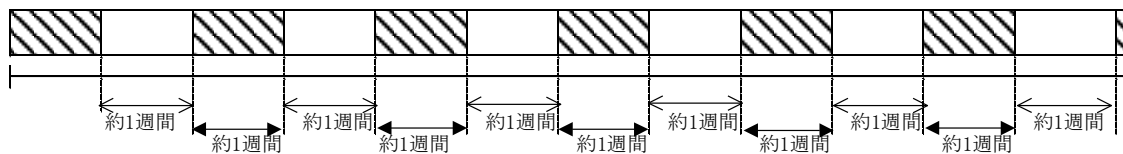
■ IPCCガイドラインの間断灌漑 [複数落水]

稲の生育期間中ずっと約1週間間隔で湛水、落水を繰り返す。

湛水 落水

■ 湛水状態

□ 落水状態



■ 日本の一般的な間断灌漑

6月中旬に5~7日間「中干し」を行い、7月以降に3日湛水して2日落水（「間断灌漑」）するのを繰り返す。

中干し 間断灌漑

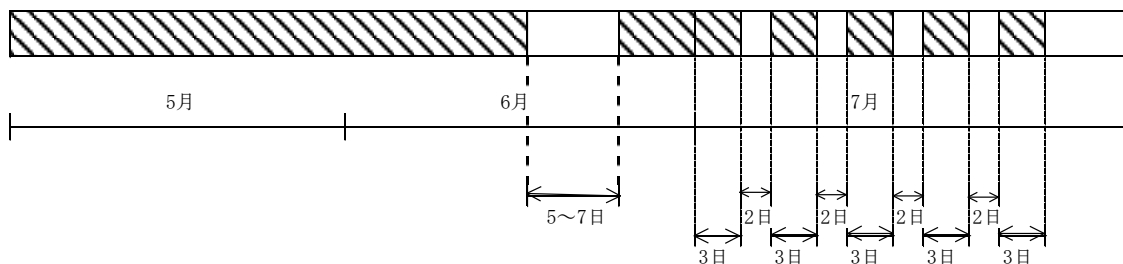


図 6-3 1996年改訂 IPCC ガイドラインの間欠灌漑（複数落水）と日本の一般的な間欠灌漑（中干し）

b) 方法論

■ 算定方法

間欠灌漑水田（中干し）からの CH_4 排出は、我が国には有機物施用別の土壌種別排出係数の実測値が存在するため、有機物施用全般について考慮した排出量算定を行う。

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_4 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_4 発生量を算出することとする。

間欠灌漑水田（中干し）からの CH_4 排出量 (kg CH_4)

$= \sum (\text{土壌種別 } m \text{ 有機物管理方法 } n \text{ ごとの排出係数}[\text{kgCH}_4/\text{m}^2] \times \text{水田面積}[\text{m}^2] \times \text{間欠灌漑水田の割合} \times \text{各土壌種別 } m \text{ の面積割合} \times \text{有機物管理方法 } n \text{ の割合})$

■ 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_4 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 6-20 間欠灌漑水田（中干し）のCH₄排出係数

| 土壌種 | わら施用 [gCH ₄ /m ² /年] | 各種堆肥施用 [gCH ₄ /m ² /年] | 無施用 [gCH ₄ /m ² /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」：農業環境技術研究所「資源・生態管理科研究集録13号別冊」

■ 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²。

間欠灌漑水田（中干し）からのCH₄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、土壌種面積割合を乗じ、さらに有機物施用管理割合を乗じて設定した。

表 6-21 日本の各土壌種の面積割合

| 土壌種 | 日本における面積割合 |
|---------------------------------|------------|
| 黒ボク土 黒ボク土、多湿黒ボク土、黒ボクグライ土 | 11.9% |
| 黄色土 褐色森林土、灰色大地土、グライ大地土、黄色土、暗赤色土 | 9.4% |
| 低地土 褐色低地土、灰色低地土 | 41.5% |
| グライ土 グライ土、強グライ土 | 30.8% |
| 泥炭土 黒泥土、泥炭土 | 6.4% |
| 合計 | 100.0% |

(出典) 農林水産省「地力基本調査」

表 6-22 日本の有機物管理の割合

| 有機物管理法 | 有機物管理の割合 |
|--------|----------|
| わら施用 | 60% |
| 各種堆肥施用 | 20% |
| 有機物無施肥 | 20% |

(出典) 農林水産省調べ

表 6-23 水稻作付面積

| 項目 | 単位 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 |
|--------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 水稻作付面積 | 千ha | 2,055 | 2,106 | 1,763 | 1,702 | 1,684 | 1,669 |

(出典) 農林水産省「耕地及び作付面積統計」

² 1996年改訂 IPCC ガイドライン vol.2 Workbook, p4.18 Table 4.9

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 CH₄ の排出は、有機物管理方法ごと（わら施用、無施用、各種堆肥施用）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り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 0.33% 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%、無施用区で 32%、角主堆肥施用区で 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

排出係数は 1989 年から 2007 年まで一定値を使用している。活動量の基となる水稲作付面積は農林水産省「耕地及び作付面積統計」を 1989 年度値から一貫して使用している。また、他の活動量の基となる係数は 1989 年から 2007 年まで一定値を使用している。

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。

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、2006 年度の活動量の修正・更新により、2005 年度の排出量が変更された。

f) 今後の改善計画および課題

各種堆肥施用の土壌種別排出係数、及び有機物管理の割合について、さらに数値の精度を高めるよう、今後研究を推進していく必要がある。

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 CH₄ 排出の算定を行う。

b) 方法論

■ 算定方法

常時湛水田からの CH₄ 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、CH₄ 排出量の算定を行った。

■ 排出係数

我が国の文献³に、間欠灌水区の CH₄ 排出量は常時湛水区に比べて 42-45% 低下すると示されている。このため、低下分を 0.435（42% と 45% の中間値）と仮定し「間欠湛水田〔中干

³八木一行「温室効果ガスの排出削減型モデルの構築」

し]」で報告している排出係数を 0.565 (1-0.435) で割ることにより常時湛水田の CH₄ 排出係数設定することとする。

表 6-24 常時湛水田の CH₄ 排出係数

| 水田の種類 | 排出係数 [gCH ₄ /m ² /年] |
|--------------|--|
| 常時湛水田 | 28.29 |
| 間欠灌漑水田 (中干し) | 15.98* |

* : 「4.C.1 間欠灌漑水田 (中干し)」の見かけの排出係数

■ 活動量

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

常時湛水田からの CH₄ 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 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」の水稻作付面積の標準誤差 0.33% 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

「6.4.1. 間欠灌漑水田」と同様。

f) 今後の改善計画および課題

我が国の「間欠灌漑水田/常時湛水田」の CH₄ 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であると考えられる。

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.)

当該排出区分については、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酸化的であり嫌気状態になることはない。CH₄ 生成菌は絶対嫌気性菌であり、土壌が嫌気性に保たれなければ CH₄ 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 N_2O の直接排出（合成肥料や有機質肥料の施肥、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 (N_2O)

農用地の土壌からは、合成肥料や有機質肥料の施肥や、作物残渣のすき込みにより土壌中にアンモニウムイオンが発生し、好気条件下でそのアンモニウムイオンが硝酸態窒素に酸化される過程で N_2O が発生する。また、硝酸態窒素が脱窒する過程で N_2O 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 N_2O が発生する。

■ 間接排出 (N_2O)

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物資材から揮発したアンモニアなどの窒素化合物が乱流拡散、分子拡散、静電力効果、化学反応、植物呼吸、降雨洗浄などの作用によって大気から土壌に沈着して微生物活動を受けて N_2O 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物資材中の窒素で硝酸として溶脱・流出したものから、微生物の作用により N_2O が発生する。

2006年度におけるこのカテゴリーからの温室効果ガス排出量は $7,210Gg-CO_2$ であり、我が国の温室効果ガス総排出量の0.5%を占めている。また、1990年度の排出量と比較すると16.9%の減少となっている。

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_2O 排出の算定を行う。

b) 方法論

■ 算定方法

農用地の土壌への合成肥料の施肥に伴う N_2O 排出については、GPG (2000) のデシジョンツリー (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 N_2O 排出量の算定を行った。

農用地の土壌への合成肥料の施肥に伴う N_2O 排出量 (kgN_2O)

= 排出係数 [kgN_2O-N/kgN] × 農用地土壌に施用された合成肥料に含まれる窒素量 [kgN]
× $44/28$

■ 排出係数

農用地の土壌への合成肥料の施肥に伴う N_2O の排出係数については、我が国における実測データに基づき、我が国独自の排出係数を設定した。

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

また、作物の種類による排出係数の違いを比較したところ、茶が有意に高いことと水稲が有意に低いことが判明したが、他の作物については有意差はなかったため、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、我が国の土壌には火山灰由来の土壌が広く分布しており、この土壌からの N₂O 排出量が少ないことが、我が国の排出係数が 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。

表 6-25 農用地の土壌への合成肥料の施肥に伴う N₂O 排出係数

| 作物種 | 排出係数 (kgN ₂ O-N/kgN) |
|--------|---------------------------------|
| 水稲 | 0.31 % |
| 茶 | 2.9 % |
| その他の作物 | 0.62 % |

(出典) Akiyama, H., Yagi, K., and Yan, X. (2006): Direct N₂O emissions and estimate of N₂O emission factors from Japanese agricultural soils. In program and Abstracts of the International Workshop on Monsoon Asia Agricultural Greenhouse Gas Emissions, March 7-9, 2006, Tsukuba, Japan, pp. 27.

Akiyama, H., Yagi, K., and Yan, X. (2006): Direct N₂O emissions and estimate of N₂O emission factors from agricultural soils in Japan: summary of available data. original paper under preparation.

■ 活動量

農用地の土壌への合成肥料の施肥に伴う N₂O 排出の活動量については、全化学肥料需要量を作物別に配分したものを使用する。各作物種の耕地面積に各作物種の単位面積当たり合成肥料施用量を乗じ算出した作物別窒素施肥量で作物ごとに比例配分する。

農用地の土壌への合成肥料の施肥に伴う N₂O 排出の活動量
 作物別の農用地に投入された窒素質肥料の量 [t]
 = 化学肥料需要量[t] × (各作物種別耕地面積[ha] × 各作物種の単位面積当たり合成肥料施用量 [kgN/10a]) / Σ (各作物種別耕地面積[ha] × 各作物種の単位面積当たり合成肥料施用量 [kgN/10a])

表 6-26 化学肥料需要量

| 項目 | 単位 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 |
|---------|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 化学肥料需要量 | tN | 611,955 | 527,517 | 487,406 | 471,190 | 471,190 | 471,190 |

※ 2006年度、2007年度は2005年度値を代用

表 6-27 作物種別単位面積当たり合成肥料施用量（水稻以外）

| 作物種 | 施用量[kg N/10a] |
|-----------|---------------|
| 野菜 | 21.27 |
| 果樹 | 14.70 |
| 茶 | 48.50 |
| 馬鈴薯 | 12.70 |
| 豆類 | 3.10 |
| 飼料肥作物 | 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 |

表 6-28 単位面積当たり合成肥料施用量（水稻）

| 項目 | 単位 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 |
|---------|----------|------|------|------|------|------|
| 合成肥料施用量 | kg-N/10a | 9.65 | 8.71 | 7.34 | 6.62 | 6.62 |

表 6-29 作物種別耕地面積

| 項目 | 単位 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 |
|-------------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 野菜* | ha | 620,100 | 564,400 | 524,900 | 476,300 | 471,200 | 471,200 |
| 水稻 | ha | 2,055,000 | 2,106,000 | 1,763,000 | 1,702,000 | 1,684,000 | 1,669,000 |
| 果樹* | ha | 346,300 | 314,900 | 286,200 | 265,400 | 261,800 | 261,800 |
| 茶 | ha | 58,500 | 53,700 | 50,400 | 48,700 | 48,500 | 48,200 |
| 馬鈴薯* | ha | 115,800 | 104,400 | 94,600 | 86,900 | 86,600 | 86,600 |
| 豆類* | ha | 256,600 | 155,500 | 191,800 | 193,900 | 194,500 | 194,500 |
| 飼料肥作物 | ha | 1,096,000 | 1,013,000 | 1,026,000 | 1,030,000 | 1,018,000 | 1,012,000 |
| かんしょ | ha | 60,600 | 49,400 | 43,400 | 40,800 | 40,800 | 40,700 |
| 麦 | ha | 366,400 | 210,200 | 236,600 | 268,300 | 272,100 | 264,000 |
| 雑穀(そばを含む) * | ha | 29,600 | 23,400 | 38,400 | 45,900 | 46,100 | 46,100 |
| 桑 | ha | 59,500 | 26,300 | 5,880 | 2,998 | 2,665 | 2,665 |
| 工芸作物 | ha | 142,900 | 124,500 | 116,300 | 110,300 | 109,300 | 109,600 |
| たばこ | ha | 30,000 | 26,400 | 24,000 | 19,100 | 18,500 | 18,500 |

※ 2007年度は2006年度値を代用

| データ | 出典 |
|--|---|
| 化学肥料需要量 | 農林水産省監修「ポケット肥料要覧」 |
| 作物種別の単位面積当り窒素施用量（水稻） | 農林水産省「農業経営統計調査」より算出 |
| 作物種別の単位面積当り窒素施用量（水稻以外） | (財)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」 |
| 野菜、水稻、果樹、茶、豆類、かんしょ、麦、そば（雑穀）、桑（～2001）、工芸作物の作付面積 | 農林水産省「耕地及び作付面積統計」 注：ただし、「野菜」についてはばれいしょを、「工芸作物」については茶およびたばこの面積を差し引いた値である。 |
| ばれいしょの作付面積 | 農林水産省「野菜生産出荷統計」 |
| たばこの作付面積 | 日本たばこ産業株式会社資料による |
| 桑（2002～） | 農林水産省生産局調べ |

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_2O 排出量は、各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。不確実性は水稲で 220.0%、茶で 157.5%、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」、「野菜生産出荷統計」に示された値を採用し、水稲は 0.33%、野菜は 0.3%、工芸作物は 0.5%、その他の作物は 0.27%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_2O 総排出量の不確実性は 60%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 年から 2007 年まで一定値を使用している。活動量の基となる化学肥料需要量は「ポケット肥料要覧」を、1989 年度値から 2007 年値まで一貫して使用している。活動量を細分類化する作物種別耕地面積も「耕地及び作付面積統計」等を、1989 年度から 2007 年まで一貫して使用している。水稲の単位面積当たり合成肥料施用量は「農業経営統計調査」データを、一貫して使用している。その他の活動量の基となる係数は 1989 年から 2007 年まで一定値を使用している。

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。

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 2006 年度の活動量の修正・更新により、2005 年度の排出量が変更された。

f) 今後の改善計画および課題

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。

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、農用地土壌への堆きゅう肥及び有機質肥料の施肥に伴う N_2O 排出の算定を行う。

b) 方法論

■ 算定方法

農用地土壌への堆きゅう肥及び有機質肥料の施肥に伴う N_2O 排出については、GPG (2000) のデシジョンツリー (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 N_2O 排出量の算定を行った。

農用地の土壌への有機質肥料の施肥に伴う N_2O 排出量 (kgN_2O)

= 作物種別の排出係数[$kg N_2O-N/kg-N$] × 農用地土壌に施用された有機質肥料に含まれる窒素量[$kg N$]

■ 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。

■ 活動量

農用地の土壌への有機質肥料の施肥に伴う N_2O 排出の活動量については、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。なお、作物種別の耕地面積は合成肥料の算定に用いたものと同様である。

作物種別の窒素投入量[$kg N$]

= 「作物種別の作付面積 (ha)」 × 「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 ($kg N/10a$)」 × 10

表 6-30 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

| 作物種 | 施用量[$kg N/10a$] |
|------------|-------------------|
| 野菜 | 23.62 |
| 水稻 | 3.2 |
| 果樹 | 10.90 |
| 茶 | 43.66 |
| 馬鈴薯 | 7.94 |
| 豆類 | 6.24 |
| 飼料肥作物 | 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 |

| データ | 出典 |
|---------------------|---|
| 作物種別の単位面積当り有機質肥料施用量 | (財)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」 |

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

有機質肥料の施用に伴う N_2O 排出量の不確実性は、「6.5.1.1. 直接排出 (合成肥料) 4D1」と同様の方法で評価を行った。その結果、不確実性は 70%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 年から 2007 年まで一定値を使用している。活動量の基となる作物種別耕地面積は「耕地及び作付面積統計」等のデータを、1989 年度値から 2007 年値まで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。

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2006年度の活動量の修正・更新により、2005年度の排出量が変更された。

f) 今後の改善計画および課題

「6.5.1.1. 直接排出（合成肥料）」と同様。

6.5.1.3. 窒素固定作物（4.D.1.-)

「窒素固定作物」による N_2O 排出は、「合成肥料」及び「家畜排せつ物の施用」で計上されているため（分離して計上することが困難）、「IE」として報告した。

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。

| |
|--|
| $\text{農用地の土壌への作物残渣のすき込みに伴う } N_2O \text{ 排出量 (kgN}_2\text{O)}$ $= \text{デフォルトの排出係数 [kg N}_2\text{O-N/kg N]} \times \text{作物残渣のすき込みによる窒素投入量 [kg N]}$ |
|--|

■ 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

【ライ麦、オート麦（子実用）以外】

我が国独自の「収穫物以外の地上部の窒素含有量」（単位：kg/10a）に、作物別耕地面積を乗じ、その値に、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、土壌にすき込まれた作物残渣に含まれる窒素量を推計した。

収穫物以外の地上部の窒素含有量のデータがない作物については、種類に近い作物の数値を用いた。また全ての年度について同一の数値を使用した。飼肥料用作物については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、「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除いた割合」を乗じないこととした。

$$\begin{aligned} & \text{土壌にすき込まれた窒素量 (kgN) (ライ麦、オート麦以外)} \\ & = \sum_{\text{作物別}} \{ \text{収穫物以外の地上部の窒素含有率 [kg/10a]} \times \text{作物別耕地面積 [ha]} \\ & \quad \times (1 - \text{野焼きされる割合}) \} \end{aligned}$$

| データ | 出典 |
|------------------|--|
| 作物種別の収穫物以外の窒素含有量 | 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「我が国の農作物の栄養収支」(尾和、1996) |
| 野焼きされる割合 | 1996年改訂 IPCC ガイドライン |
| 野菜の作付面積 | 農林水産省「野菜生産出荷統計」 |
| 野菜を除く作物の作付面積 | 農林水産省「耕地及び作付面積統計」 |

【ライ麦、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、各作物種ごとの年間生産量に、各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それぞれのデフォルト値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。

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

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 6-31 ライ麦、オート麦の単位面積当たり収穫量

| 作物 | 単位面積当たり収穫量 | 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 6-32 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 | 0.10 |
| オート麦 | 2.23 | 0.92 | 0.0070 | 0.10 |
| (出典) | 専門家判断 | GPG(2000) p4.58 Table4.16 | | 1996GL Vol.3 p4.83 |

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

ライ麦・オート麦以外の作物とライ麦・オート麦で算定方法が異なることから、別々に不確実性を算定した。それらの不確実性を最終的に合成し、総排出量の不確実性を算出した。

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作物ごとに、それぞれ使用している統計（「野菜生産出荷統計」、「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、水稻は 0.33%、野菜類は 0.3%、いんげん、なたね、てんさい、さとうきび、こんにゃくいも、い、葉たばこは 50%、その他の作物は 0.27%と設定した。

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 168%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 年から 2007 年まで一定値を使用している。活動量の基となる作物種別耕地面積は「耕地及び作付面積統計」等のデータを、1989 年度値から 2007 年値まで一貫して使用している。また、収穫物以外の地上部の窒素含有量および野焼きされる割合は 1989 年から 2007 年まで一定値を使用している。

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。

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 2006 年度の活動量の修正・更新により、2005 年度の排出量が変更された。

f) 今後の改善計画および課題

- ・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

ここでは、有機質土壌の耕起に伴う N_2O 排出の算定を行う。我が国で有機質土壌として存在するのは「黒泥土」と「泥炭土」の 2 種類とされている。

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面積にデフォルト値の排出係数を乗じて有機質土壌の耕起による N_2O 排出量を算定する。

有機質土壌の耕起に伴う N_2O 排出量 (kgN_2O)

= 有機質土壌の耕起の排出係数 [$kg N_2O-N/ha/年$] × 耕起された有機質土壌の面積 [ha]

■ 排出係数

GPG(2000)に示された温帯におけるデフォルト値 $8[kgN_2O-N/ha/年]$ を利用する。(GPG(2000) p4.60 Table4.17)

■ 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耕地面積に乘じることにより設定する。

表 6-33 有機質土壌の割合

| | 有機質土壌割合 | 出典 |
|-----|---------|--|
| 水田 | 6.4% | 財団法人農林統計協会「ポケット肥料要覧」：農水省地力保全基礎調査(1959-1978)の平均値を利用 |
| 普通畑 | 1.9% | |

表 6-34 有機質土壌面積

| 項目 | 単位 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 |
|-------------|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 有機質土壌面積（水田） | ha | 182,144 | 175,680 | 169,024 | 163,584 | 162,752 | 161,920 |
| 有機質土壌面積（畑地） | ha | 24,225 | 23,275 | 22,572 | 22,287 | 22,287 | 22,268 |

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_2O 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は、GPG（2000）の設定値及び文献値による各パラメータの不確実性を合成し、900%とした（水田、畑地で共通）。

活動量の不確実性は「耕地及び作付面積統計」の標準誤差率を使用し、水田は 0.14%、畑地は 0.27%と設定した。最終的に総排出量の不確実性は 800%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 年から 2007 年まで一定値を使用している。活動量の基となる作物種別耕地面積は「耕地及び作付面積統計」等のデータを、1989 年度値から 2007 年値まで一貫して使用している。また、有機質土壌割合は 1989 年から 2007 年まで一定値を使用している。

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。

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 2006 年度の活動量の修正・更新により、2005 年度の排出量が変更された。

f) 今後の改善計画および課題

- ・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。
- ・我が国の有機質土壌のうち農用地として使用される面積について、統計の精度を上げ、より正確に把握していく必要がある。

6.5.1.6. 直接排出 (CH₄) (4.D.3.-)

CH₄ 生成菌は絶対嫌気性菌であり、土壌が嫌気性に保たれなければ CH₄ は生成されない。畑の土壌は通常酸化的であり、好気的であるため、畑の土壌では CH₄ が生成されない。このため、土壌からの CH₄ 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.)

牧草地・放牧場・小放牧地の排せつ物からの CH₄、N₂O 排出は「家畜排せつ物の管理(4.B.2.)」でまとめて計上しているため「IE」と報告する。

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 NH₃ や NO_x として揮散した窒素化合物による大気沈降に伴い発生した N₂O の排出量の算定、報告を行う。

b) 方法論

■ 算定方法

大気沈降に伴う N₂O 排出については、GPG (2000) のデシジョンツリー (Page 4.69, Fig.4.8) に従い、デフォルト値を用いて、N₂O 排出量の算定を行った。

大気沈降に伴う N₂O 排出の算定式

「大気沈降による N₂O 排出量 [kg N₂O-N]」
 = 「デフォルト値の排出係数 [kg N₂O-N/kg NH₃-N+NO_x-N]」
 × 「合成肥料及び家畜ふん尿から NH₃ や NO_x として揮散した窒素量 [kg NH₃-N+NO_x-N]」

■ 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 6-35 大気沈降に伴う N₂O 排出の排出係数

| | 排出係数 [kgN ₂ O-N/kg NH ₃ -N & NO _x -N deposited] |
|-----------------------------|--|
| 大気沈降に伴う N ₂ 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

農用地土壌に施用された合成肥料や家畜排せつ物から揮散した NH₃ や NO_x に含まれる窒素の量 (kg)。農用地に施用される家畜排せつ物由来の窒素量については、「4B 家畜排せつ物の管理」で算出される、我が国の家畜の排せつ物中に含まれる窒素量のうち農地に還元される窒素量を使用し、窒素循環の整合性を取ることにする。また人間のし尿から農用地に還元利用を行っている分についても加えることとする。

$$A = N_{FERT} * Frac_{GASF} + N_{ANI}$$

$$= N_{FERT} * Frac_{GASF} + \{N_B + (N_D + N_{FU}) * Frac_{GASM}\}$$

- A : 合成肥料、家畜排せつ物及びし尿から NH₃ や NO_x として揮発した窒素量 (kg NH₃-N+NO_x-N)
- N_{FERT} : 合成窒素肥料需要量 (kg N)
- Frac_{GASF} : 合成肥料から NH₃ や NO_x として揮発する割合 (kg NH₃-N + NO_x-N/kgN)
- N_{ANI} : し尿から NH₃ や NO_x として揮発した窒素量 (kg NH₃-N+NO_x-N)
- N_B : 家畜から排せつされて処理される間に家畜排せつ物から NH₃ や NO_x として揮発した窒素量 (kg NH₃-N+NO_x-N)
- N_D : 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_{FU} : 農用地に施用されたし尿由来肥料中の窒素量 (kg N)
- Frac_{GASM} : 家畜排せつ物及びし尿中の窒素量から NH₃ や NO_x として揮発する割合 (kg NH₃-N + NO_x-N/kgN)

○ 合成肥料

合成肥料の施肥に関連する大気沈降に伴う N₂O 排出の活動量については、農林水産省「ポケット肥料要覧」に示された「窒素質肥料需要量」に、1996年改訂 IPCC ガイドラインに示された「Frac_{GASF}：合成肥料から NH₃ や NO_x として揮発する割合」のデフォルト値を乗じて算定した。

表 6-36 Frac_{GASF}：合成肥料から NH₃ や NO_x として揮発する割合

| 値 | 単位 |
|-----|--|
| 0.1 | [kg NH ₃ -N + NO _x -N/kg of synthetic fertilizer nitrogen applied] |

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

○ 家畜排せつ物及びし尿

農用地に施用された家畜排せつ物の大気沈降に伴う N₂O 排出の活動量については、「家畜排せつ物の管理 (4B)」において算定した値を用い（「家畜排せつ物の管理 (4B)」において N₂O として大気中に飛散した量、同じく「家畜排せつ物の管理 (4B)」において「焼却」・「浄化」処理され農用地に肥料として撒かれない量を除いた量を除いている）、1996年改訂 IPCC ガイドラインに示された「Frac_{GASM}：家畜排せつ物中の窒素から NH₃ や NO_x として揮発する割合」のデフォルト値を乗じて算定した（表 6-15、p6.11）。

し尿由来の活動量は、「日本の廃棄物処理」等からし尿由来の窒素量を算出し、それに Frac_{GASM} を乗じて把握した。

また、「家畜から排せつされて処理される間に家畜排せつ物から NH₃ や NO_x として揮発した窒素量」は、厩舎内及び放牧における排せつ物に含まれる窒素量に、表 6-14の数値を乗じて算出する。

表 6-37 Frac_{GASM}：家畜排せつ物中の窒素から NH₃ や NO_x として揮発する割合

| 値 | 単位 |
|-----|---|
| 0.2 | [kg NH ₃ -N + NO _x -N/kg of nitrogen excreted by livestock] |

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

表 6-38 農用地へ還元される窒素量

| 項目 | 単位 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 |
|----------------------|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 家畜排せつ物から農用地へ還元される窒素量 | tN | 537,678 | 507,943 | 481,244 | 462,990 | 468,530 | 468,561 |
| し尿から農用地へ還元される窒素量 | tN | 10,394 | 4,734 | 2,121 | 743 | 743 | 745 |

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_2O 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62%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年から2007年まで一定値を使用している。活動量の基となる作物種別耕地面積は「耕地及び作付面積統計」等のデータを、1989年度値から2007年値まで一貫して使用している。また、有機質土壌割合は1989年から2007年まで一定値を使用している。

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。

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2006年度の活動量の修正・更新により、2005年度の排出量が変更された。

f) 今後の改善計画および課題

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_2O 排出の算定を行う。

b) 方法論（見出し6）

■ 算定方法

窒素溶脱・流出に伴う N_2O 排出については、GPG（2000）のデンジョンツリー（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 N_2O 排出量の算定を行なった。

| |
|--|
| $\text{窒素溶脱・流出に伴う } N_2O \text{ 排出量 (kgN}_2\text{O)}$ $= \text{窒素の溶脱及び流出に伴う排出係数 [kg N}_2\text{O-N/kg-N]} \times \text{溶脱・流出した窒素量 [kgN]}$ |
|--|

■ 排出係数

研究により、我が国独自の排出係数が得られていることから、その排出係数を使用して排出量を算定することとする。窒素溶脱・流出による N_2O 排出係数は各年に同一の値を適用する。

表 6-39 窒素溶脱・流出に伴う N_2O 排出の排出係数

| | 排出係数 [kg N_2O -N/kg N] |
|----------------------|--------------------------|
| 窒素溶脱・流出に伴う N_2O 排出 | 0.0124 |

(出典) GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS VOL.32 “Evaluation of emission factors for indirect N_2O emission due to nitrogen leaching in agro-ecosystems” Takuji Sawamoto, Yasuhiro Nakajima, Masahiro Kasuya, Haruo Tsuruta and Kazuyuki Yagi

■ 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「施用した窒素のうち溶脱・流出する割合」を乗じて算定した。

表 6-40 $Frac_{LEACH}$ ：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

窒素溶脱に伴う N_2O 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

排出係数は 1989 年から 2007 年まで一定値を使用している。活動量の基となる年間作物収穫量は「作物統計」のデータを、1989 年度値から 2007 年値まで一貫して使用している。その他の活動量の基となるデータは 1989 年から 2007 年まで一定値を使用している。

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。

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 2006 年度の活動量の修正・更新により、2005 年度の排出量が変更された。

f) 今後の改善計画および課題

「6.5.3.1.大気沈降」と同様。

6.5.3.3. 間接排出 (CH₄) (4.D.3.-)

土壌からのCH₄の直接排出はないため、畑地土壌からのCH₄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CH₄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CH₄、N₂O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、今までと同様に「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、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、CH₄、N₂Oが大気中に放出される。ここでは、これらのCH₄、N₂O排出に関する算定、報告を行なう。

2006年度におけるこのカテゴリーからの温室効果ガス排出量はCH₄が102Gg-CO₂、N₂Oが74Gg-CO₂であり、我が国の温室効果ガス総排出量のそれぞれ0.01%、0.01%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21.3%、29.2%の減少となっている。

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CH₄、N₂Oの排出の算定を行う。

b) 方法論

■ 算定方法

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CH₄、N₂O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手法を用い、野焼きに伴い放出される炭素量、窒素量にそれぞれCH₄排出率、N₂O排出率を乗じて算定した。

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。

$$\begin{aligned} & \text{農作物の野焼きに伴う CH}_4 \text{ 排出量} \\ & = \text{CH}_4 \text{ 排出率} \times \text{全炭素放出量} \times 16 / 12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{農作物の野焼きに伴う N}_2\text{O 排出量} \\ & = \text{N}_2\text{O 排出率} \times \text{全窒素放出量} \times 44 / 28 \end{aligned}$$

■ 排出係数

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

表 6-41 水稻、小麦、大麦の野焼きに伴う CH₄、N₂O 排出の排出係数

| | 値 | 単位 |
|------------------|-------|----------------------------|
| CH ₄ | 0.005 | [kg CH ₄ /kg C] |
| N ₂ O | 0.007 | [kg N ₂ O/kg N] |

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

■ 活動量

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、以下の式に従って活動量を計算した。

$$\begin{aligned} & \text{農作物の野焼きに伴う全炭素放出量、全窒素放出量} \\ & = (\text{年間作物収穫量}) \times (\text{作物収穫量に対する残渣の比率}) \times (\text{残渣の平均乾物率}) \\ & \times (\text{野焼きされる割合}) \times (\text{酸化率}) \times (\text{残渣の炭素含有率または窒素含有率}) \end{aligned}$$

○ 年間作物収穫量

【水稻、小麦（子実用）、大麦（子実用）】

水稻、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た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 6-42 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 | 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 | 223 | 農林水産省「作物統計」 |
| ライ麦・オート麦 （青刈り用） | 1,100 | 専門家判断（文検等を基に設定） |

○ 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

各作物におけるパラメータは表 6-43の通りに設定した。

表 6-43 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

| 作物 | 残渣の比率 a) | 残渣の平均乾物率 a) | 炭素含有率 a) | 窒素含有率 | 野焼きされる割合 b) | 酸化率 b) |
|-------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------|-----------|
| 稲 | 1.4 | 0.85 | 0.4144 | 0.0068 ^h | 0.10 | 0.90 |
| 小麦（子実用） | 1.3 | 0.85 | 0.4853 | 0.0045 ^h | 0.10 | 0.90 |
| 大麦（子実用） | 1.2 | 0.85 | 0.4567 | 0.016 ^{g,h} | 0.10 | 0.90 |
| 小麦・大麦（青刈り用） | --- | 0.17 ^{c)} | 0.48 ^{d)} | 0.016 ^g | 0.10 | 0.90 |
| ライ麦 | 2.84 ^{e)} | 0.90 ^{e)} | 0.4710 ^{d)} | 0.0048 | 0.10 | 0.90 |
| オート麦 | 2.23 ^{e)} | 0.92 ^{e)} | 0.4710 ^{d)} | 0.007 | 0.10 | 0.90 |
| ライ麦（青刈り用） | --- | 0.17 ^{e)} | 0.4710 ^{d)} | 0.0116 | 0.10 | 0.90 |
| オート麦（青刈り用） | --- | 0.17 ^{e)} | 0.4710 ^{d)} | 0.0169 ^h | 0.10 | 0.90 |

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

b) 1996 改訂 IPCC ガイドライン vol3 p4.83

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) 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「我が国の農作物の栄養収支」（尾和、1996）

○ 窒素含有率

水稲、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。その他麦（子実用）の窒素含有率は 1996 年改訂 IPCC ガイドラインの数値を用いた。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

稲、小麦（子実用）、大麦（子実用）、大麦・小麦（青刈り用）、ライ麦、オート麦、ライ麦（青刈り用）、オート麦（青刈り用）について別々に不確実性評価を行った。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（「野菜生産出荷統計」、「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

排出係数は 1989 年から 2007 年まで一定値を使用している。活動量の基となる年間作物収穫量は「作物統計」のデータおよび「耕地及び作付面積統計」のデータに一定の単位面積あ

たり収穫量を掛けた値を、1989年度値から2007年値まで一貫して使用している。また、その他の活動量の基となるデータは1989年から2007年まで一定値を使用している。

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。

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2006年度の活動量の修正・更新により、2005年度の排出量が変更された。

f) 今後の改善計画および課題

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 CH₄、N₂O 排出の算定を行う。

b) 方法論

■ 算定方法

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 CH₄、N₂O 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、デフォルト手法によって算出した全炭素放出量に、デフォルト値の CH₄ 排出率、N₂O 排出率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排出係数(表 6-41)を用いる。

■ 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、算定式に示したパラメータを乗じて活動量を算定した。

表 6-44 作物生産量に対する残渣の比率、乾物率、炭素率、窒素率

| 作物 | 残渣の比率 | 乾物率 | 炭素率 | 窒素率 ^b |
|--------|-------|-------------------|-------------------|------------------|
| とうもろこし | 1.0 | 0.86 | 0.4709 | 0.0164 |
| えんどう豆 | 1.5 | 0.87 | 0.45 ^d | 0.0159 |
| 大豆 | 2.1 | 0.89 | 0.45 ^d | 0.0065 |
| 小豆 | 2.1 | 0.89 | 0.45 ^d | 0.0084 |
| いんげん | 2.1 | 0.89 | 0.45 ^d | 0.00745 |
| らっかせい | 1.0 | 0.86 | 0.45 ^d | 0.00745 |
| ばれいしょ | 0.4 | 0.6 ^c | 0.4226 | 0.0242 |
| てんさい | 0.2 | 0.2 | 0.4072 | 0.0192 |
| さとうきび | 1.62 | 0.83 ^c | 0.4235 | 0.0423 |

(出典) GPG(2000) p4.58 Table 4.16

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: 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「我が国の農作物の栄養収支」(尾和、1996)。

c: 1996年改訂 IPCC ガイドライン Vol.2 Table 4-15

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。

表 6-45 野焼きされる割合、酸化率のデフォルト値

| | 値 | 単位 |
|----------|------|----|
| 野焼きされる割合 | 0.10 | — |
| 酸化率 | 0.90 | — |

(出典) 1996年改訂 IPCC ガイドライン Vol.3 p4.83

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

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、てんさいについて別々に不確実性評価を行った。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

排出係数は1989年から2007年まで一定値を使用している。活動量の基となる年間作物収穫量は「作物統計」および「野菜生産出荷統計」のデータを、1989年度値から2007年値まで一貫して使用している。また、その他の活動量の基となるデータは1989年から2007年まで一定値を使用している。

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、各作物の2006年度の活動量の修正・更新により、2005年度の排出量が変更された。

f) 今後の改善計画および課題

「6.7.1. 稲、小麦、大麦、ライ麦、オート麦」と同様。

6.7.3. 豆類（白いんげん）（4.F.2.-）

“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業廃棄物の焼却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

- FAO HP データ (<http://apps.fao.org/>)
- IPCC 「1996年改訂 IPCC ガイドライン」(1997年)
- 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年)
- IRRI (International Rice Research Institute) “World Rice STATISTICS 1993-94”
- 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)
- 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)
- 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)
- 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)」
- 環境省廃棄物・リサイクル対策部 「日本の廃棄物処理」
- 気象庁 「日本気候表」
- 農林水産省 「公共牧場実態調査」
- 農林水産省 「耕地及び作付面積統計」
- 農林水産省 「作物統計」
- 農林水産省 「畜産統計」
- 農林水産省 「地力基本調査」
- 農林水産省 「ポケット肥料要覧」
- 農林水産省 「野菜生産出荷統計」
- 農林水産省 「牛乳乳製品統計」
- 農林水産省 「畜産物生産費統計」
- 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」
- 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)
- 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)
- 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)
- 中央畜産会 「日本飼養標準」
- 動物衛生研究所 「牛の放牧場の全国実態調査」
- 沖縄県 「沖縄県畜産統計」
- 農業技術研究会 「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」
- 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年)
- 柴田、寺田、栗原、西田、岩崎 「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年8月)
- 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」
- 村山登他編 「作物栄養・肥料学」文永堂出版、Page 26
- 尾和 「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
- 石橋誠、橋口純也、古閑護博 「畜産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年)
- Takuji Sawamoto, Yasuhiro Nakajima, Masahiro Kasuya, Haruo Tsuruta and Kazuyuki Yagi “Evaluation of emission factors for indirect N₂O emission due to nitrogen leaching in agro-ecosystems” GEOPHYSICAL

RESEARCH LETTERS VOL.32

- Takeshi Osada, Kazutaka Kuroda, Michihiro Yonaga (2000): Determination of nitrous oxide, methane, and ammonia emissions from a swine waste composting process, *J Mater Cycles Waste Manage* (2000) 2,51-56
- Takashi Osada (2003) : Nitrous Oxide Emission from Purification of Liquid Portion of Swine Wastewater, *Greenhouse Gas Control Technologies*, J.Gale and Y.Kaya (Eds.)
- Takashi Osada, Yasuyuki Fukumoto, Tadashi Tamura, Makoto Shiraihi, Makoto Ishibashi : Greenhouse gas generation from livestock waste composting, *Non-CO₂ Greenhouse Gases (NCGG-4)*, Proceedings of the Fourth International Symposium NCGG-4, 105-111 (2005)
- Akiyama, H., Yagi, K., and Yan, X. (2006): Direct N₂O emissions and estimate of N₂O emission factors from Japanese agricultural soils. In program and Abstracts of the International Workshop on Monsoon Asia Agricultural Greenhouse Gas Emissions, March 7-9, 2006, Tsukuba, Japan, pp. 27.
- Akiyama, H., Yagi, K., and Yan, X. (2006): Direct N₂O emissions and estimate of N₂O emission factors from agricultural soils in Japan: summary of available data. original paper under preparation.

