# 3.A.4 消化管内発酵（その他の家畜）
# （Enteric Fermentation（Other Livestock））（$CH_4$）

## １．排出・吸収源の概要

### １.１ 排出・吸収源の対象及び温室効果ガス排出メカニズム

牛、めん羊、豚以外の家畜のうち、消化管内発酵により $CH_4$ が発生する水牛、山羊、馬からの排出を対象としている。

水牛、山羊が摂取する牧草などの餌には、消化が難しいセルロース等が含まれている。反すう動物である水牛、山羊は、セルロース等をエネルギーとして摂取できる形にまで消化するために複数の胃を持ち、第一胃（ルーメン）において微生物の力を借りて餌の分解を行っている。その分解の際にメタン菌の作用により $CH_4$ が発生する。

馬は非反すう動物であり、牛などの反すう動物のように第一胃（ルーメン）で $CH_4$ を大量に発生させることはないが、消化管内に存在するメタン菌の作用により $CH_4$ が微量に発生し、大気中に放出されている。

### １.２ 排出・吸収トレンド及びその要因

水牛、山羊、馬の消化管内発酵からの $CH_4$ 排出量は、排出量の大部分を占める馬の飼養頭数の減少に伴い減少が続いていたが、2015 年度以降、馬の飼養頭数の増減に伴って排出量は増減を繰り返しながらおおむね横ばいで推移している。山羊と水牛は飼養頭数の増加に伴い、一時的な減少はあるものの、2000 年代終盤以降は $CH_4$ 排出量が増加傾向にある。

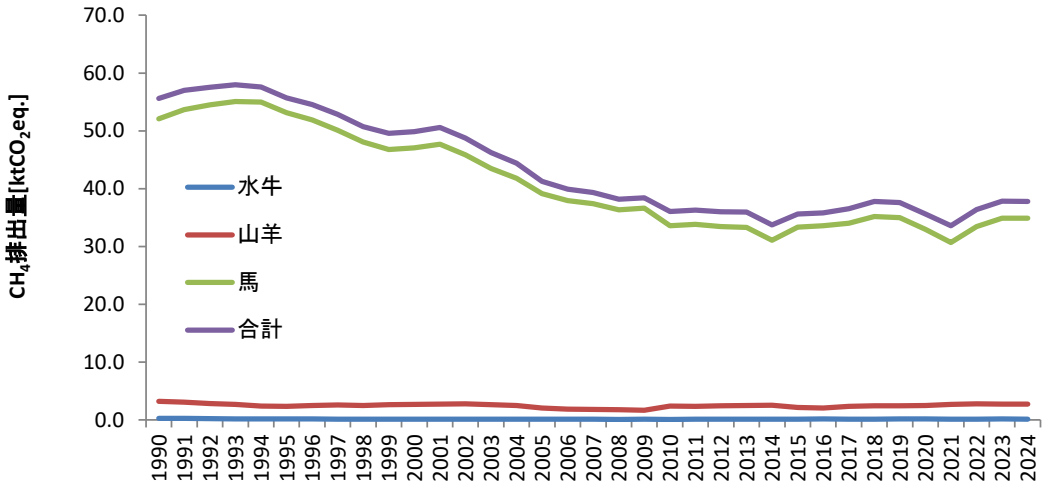



図 1　水牛、山羊、馬の消化管内発酵からの $CH_4$ 排出量の推移

## 2．排出・吸収量算定方法

### 2.1 排出・吸収量算定式

水牛、山羊、馬の消化管内発酵からの $CH_4$ 排出量は、それぞれの飼養頭数に 2006 年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の $CH_4$ 排出係数を乗じて算出している。

$$E = EF \times A$$

$E$：水牛、山羊又は馬の消化管内発酵に伴う $CH_4$ の排出量［kg-$CH_4$/年］
$EF$：排出係数［kg-$CH_4$/頭/年］
$A$：水牛、山羊又は馬の飼養頭数［頭］

### 2.2 排出係数

排出係数（EF）は、水牛、山羊、馬の消化管内発酵からの $CH_4$ 排出係数に関する国内の情報がないことから､2006 年 IPCC ガイドラインに示された先進国向けのデフォルト値を使用している。

表 1　水牛、山羊、馬の $CH_4$ 排出係数（EF）

| 家畜種 | $CH_4$ 排出係数［kg$CH_4$/頭/年］ |
|---|---|
| 水牛 | 55 |
| 山羊 | 5 |
| 馬 | 18 |

（出典）2006 年 IPCC ガイドライン　Vol.4 p.10.28 Table10.10

### 2.3 活動量

飼養頭数（A）は、水牛は「沖縄県畜産統計（沖縄県)」、山羊は「家畜改良関係資料（中央畜産会)」、馬は「馬関係資料（農林水産省)」にそれぞれ示された値を用いている（表 2)。

表 2　水牛、山羊、馬の飼養頭数（A）［千頭］

| 家畜種 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 水牛 | 0.21 | 0.19 | 0.16 | 0.15 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.10 |
| 山羊 | 26 | 25 | 23 | 21 | 19 | 19 | 20 | 21 | 20 | 21 |
| 馬 | 116 | 119 | 121 | 122 | 122 | 118 | 115 | 111 | 107 | 104 |

| 家畜種 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 水牛 | 0.10 | 0.10 | 0.09 | 0.10 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 |
| 山羊 | 22 | 22 | 22 | 21 | 20 | 16 | 15 | 15 | 14 | 14 |
| 馬 | 105 | 106 | 102 | 97 | 93 | 87 | 84 | 83 | 81 | 81 |

| 家畜種 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 水牛 | 0.08 | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.11 | 0.11 | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.12 |
| 山羊 | 19 | 19 | 19 | 20 | 20 | 17 | 16 | 19 | 20 | 20 |
| 馬 | 75 | 75 | 74 | 74 | 69 | 74 | 75 | 76 | 78 | 78 |

| 家畜種 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|---|---|---|---|---|---|
| 水牛 | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.12 | 0.10 |
| 山羊 | 20 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 馬 | 73 | 68 | 74 | 78 | 78 |

（出典）水牛：沖縄県畜産統計（沖縄県）
山羊：家畜改良関係資料（中央畜産会）
馬：馬関係資料（農林水産省）

## ３．算定方法の時系列変更・改善経緯

表 3　初期割当量報告書（2006 年提出）以降の算定方法等の改訂経緯概要

| | 2009 年提出 | 2015 年提出 |
|---|---|---|
| 排出・吸収量算定式 | － | － |
| 排出係数 | － | めん羊の $CH_4$ 排出係数を 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値に変更したことに併せ、山羊の $CH_4$ 排出係数も 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値に変更。 |
| 活動量 | 山羊、馬について、FAO 統計から「家畜改良関係資料」、「馬関係資料」に示された飼養頭数に変更。 | － |

### （１）初期割当量報告書における算定方法

#### 1）排出・吸収量算定式

現行の算定式と同様。

#### 2）排出係数

水牛と馬の排出係数は、1996 年改訂 IPCC ガイドライン [1]に示された先進国向けのデフォルト値を使用していた。なお、数値は 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値と同じである。

山羊の排出係数は、同じ小型の反すう家畜であるめん羊の排出係数と同じ数値を専門家判断に従い適用していた。めん羊の排出係数は、柴田（1993）[2]の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 $CH_4$ 排出量の測定データ）に基づき設定した下式から算出していた。柴田（1993）では、反すう家畜の消化管内発酵に伴う $CH_4$ 排出量は、乾物摂取量を説明変数とする二次式により算定できることが明らかにされている。

$$EF = Y / L \times C \times D$$

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

$EF$：山羊の消化管内発酵に伴う $CH_4$ の排出係数［$kgCH_4$/頭/年］
$Y$：反すう家畜 1 頭当たりの消化管内発酵に伴う 1 日の $CH_4$ 発生量［L/頭/日］
$L$：$CH_4$ の 1 mol 当たりの体積（22.4［L/mol］）
$C$：$CH_4$ の分子量（0.016［g/mol］）
$D$：1 年間の日数（365［日］又は 366［日］）
$X$：乾物摂取量［kg/頭/日］

めん羊の乾物摂取量は柴田（1993）では 0.8 kg/日とされていることから、めん羊の排出係数はそれを用いて算出した 4.1 kg-$CH_4$/頭/年を使用していた。山羊についても同じ 4.1 kg-$CH_4$/頭/年を使用していた。

---

1 1996 年改訂 IPCC ガイドライン Vol.3 p.4.10 Table4.3

2 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）

### 3）活動量

山羊、馬は国連食糧農業機関（FAO）統計に示された飼養頭数を用いていた。水牛は、現行と同じ「沖縄県畜産統計」に示された飼養頭数を用いていた。

## （2）2009 年提出インベントリにおける算定方法

### 1）排出・吸収量算定式

初期割当量報告書における算定式と同様（現行の方法と同様。）。

### 2）排出係数

初期割当量報告書における排出係数と同様。

### 3）活動量

山羊、馬について、FAO 統計から、それぞれ現行の「家畜改良関係資料」、「馬関係資料」に示された飼養頭数に変更した（現行の活動量と同様。）。

## （3）2015 年提出インベントリにおける算定方法

### 1）排出・吸収量算定式

初期割当量報告書における算定式と同様（現行の方法と同様。）。

### 2）排出係数

めん羊の $CH_4$ 排出係数を 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値に変更したことに併せ（「3.A.2 消化管内発酵（めん羊）」参照。）、山羊の $CH_4$ 排出係数も 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値に変更した（現行の排出係数と同様。）。

### 3）活動量

2009 年提出インベントリにおける活動量と同様（現行の活動量と同様。）。