

第3節 放牧飼養による温室効果ガスの発生抑制評価

1. 農業活動と温室効果ガスの関わり

産業革命以降、人間活動により排出された二酸化炭素（CO₂）、メタン（CH₄）、一酸化二窒素（N₂O）などの温室効果ガスが増加しつつあり、地球温暖化は人為的活動に起因するとほぼ断定されています。地球温暖化は、自然生態系や人間社会に大きく影響し、人類の生存基盤を揺るがす問題であるため、気候変動に関する国際連合枠組条約（UNFCCC）などの下で、世界各国が温室効果ガス排出削減に向けた対策に取り組んでいます。稲作や畜産などの農業活動も温室効果ガスを発生させるため、農業分野も温室効果ガスを少なくする努力が必要です。

2. 水田放牧でメタンはどこから発生するか？

メタンは二酸化炭素の25倍の温室効果を持ち、地球温暖化の14.3%はメタンに起因すると推定されています（IPCC 2007）。日本のメタンの総排出量の70%は農業由来で、稲作、消化管内発酵（反芻家畜のげっぷ）、家畜の排せつ物管理（堆肥化など）が主な発生源です（図1、GIO 2012）。水田放牧を行う場合も、稲作、消化管内発酵、家畜の排せつ物からメタンが発生します。また、牧草地の土壌は、メタンをわずかに吸収することが知られています。

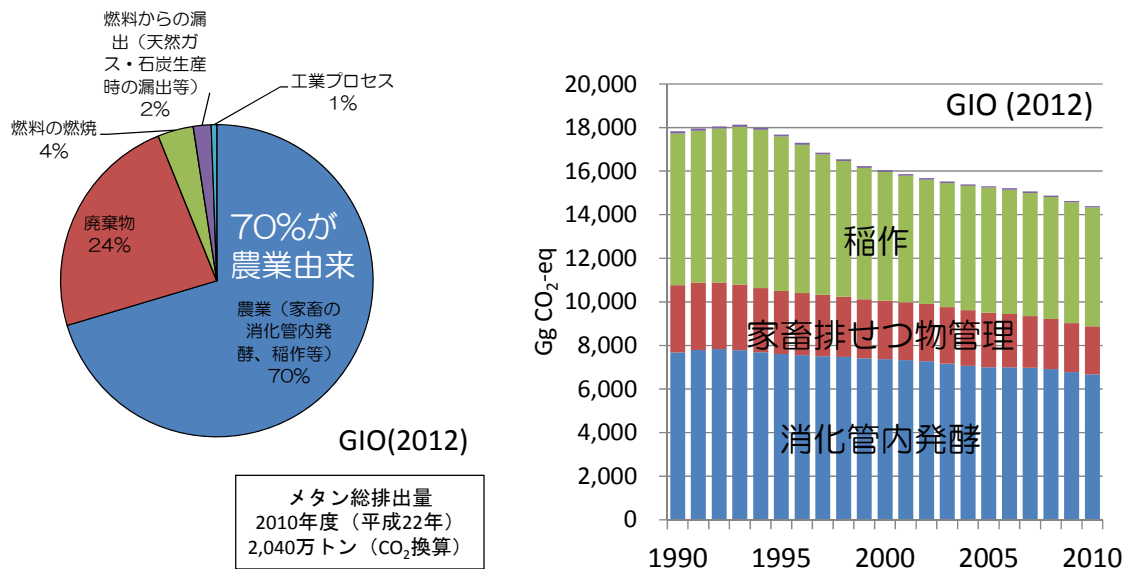


図1 日本におけるメタンの総排出量（左）と農業由来の主な発生源（右）

3. 水田放牧で一酸化二窒素はどこから発生するか？

一酸化二窒素は二酸化炭素の298倍の温室効果を持ち、地球温暖化の7.9%は一酸化二窒素に起因すると推定されています（IPCC 2007）。日本の一酸化二窒素の総排出量の50%は農業由来で、農用地の土壌（窒素施肥）と家畜の排せつ物管理（堆肥化など）が主な発生源です（図2、GIO 2012）。水田放牧を行う場合も、牧草地などの窒素施肥、家畜の排せつ物管理から一酸化二窒素が発生します。

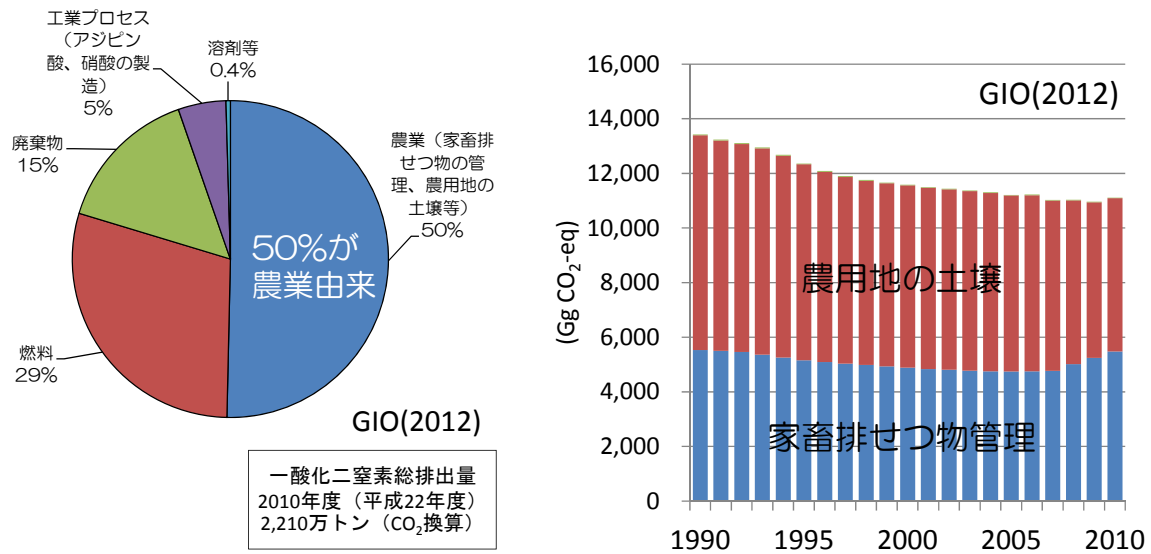


図2 日本における一酸化二窒素の総排出量 (左) と農業由来の発生源 (右)

4. 放牧地の家畜排せつ物から温室効果ガスはどのように発生するか？

放牧は飼料生産と家畜排せつ物管理を省力化し、コスト低減を図る飼養方法ですが、日本の放牧地における排せつ物由来の温室効果ガス発生量の情報は極めて少ないのが現状です。放牧地で家畜排せつ物に由来する温室効果ガスは、どのように発生するのでしょうか。以下では、イネ WCS 放牧期間と牧草放牧期間の発生パターンを比べてみました。

1) イネ WCS 放牧期間の肉牛排せつ物に由来する温室効果ガスの発生パターン

糞由来のメタン発生量は排せつ直後が最大で、その後は速やかに減少しました (図3)。糞由来の一酸化二窒素はほとんど発生しませんでした。尿由来の一酸化二窒素は排せつ直後ほとんど発生しませんでした、その後は降雨に伴う微量の発生が継続的に認められました。

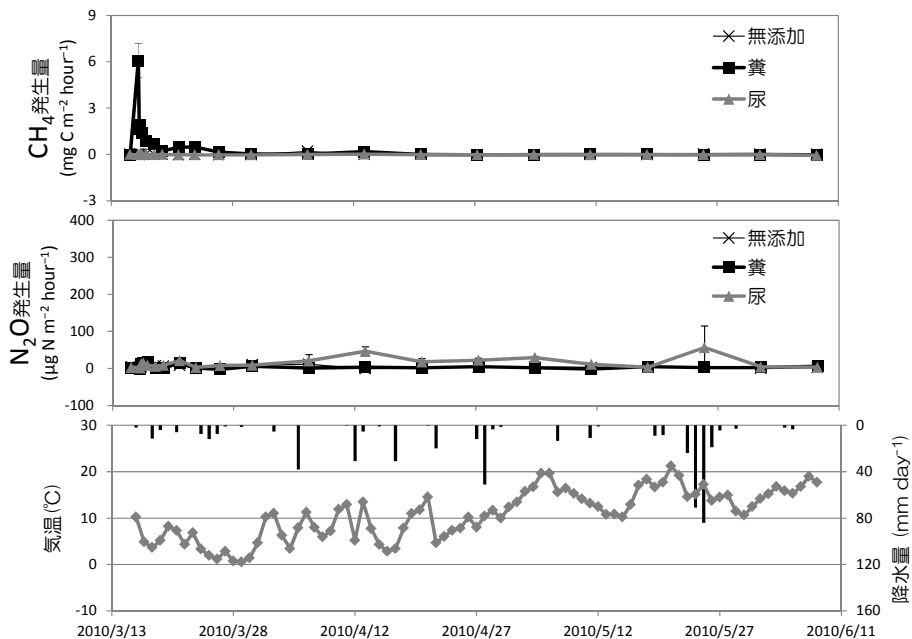


図3 イネ WCS 放牧期間 (低温時期) における肉牛排せつ物由来の温室効果ガス発生量

2) シバ放牧期間の肉牛排せつ物に由来する温室効果ガスの発生パターン

糞由来のメタン発生量は排せつ直後に最大となり、排せつ直後に降雨があると再び増加しました（図4）。しかし、発生が収まると降雨後でも再び増加しませんでした。糞由来の一酸化二窒素は、排せつ後の降雨に伴いわずかに増加しました。尿由来の一酸化二窒素は、排せつ後に増加し、排せつ後の降雨に伴いさらに増加しました。しかし、発生が収まると降雨後でもほとんど増加しませんでした。

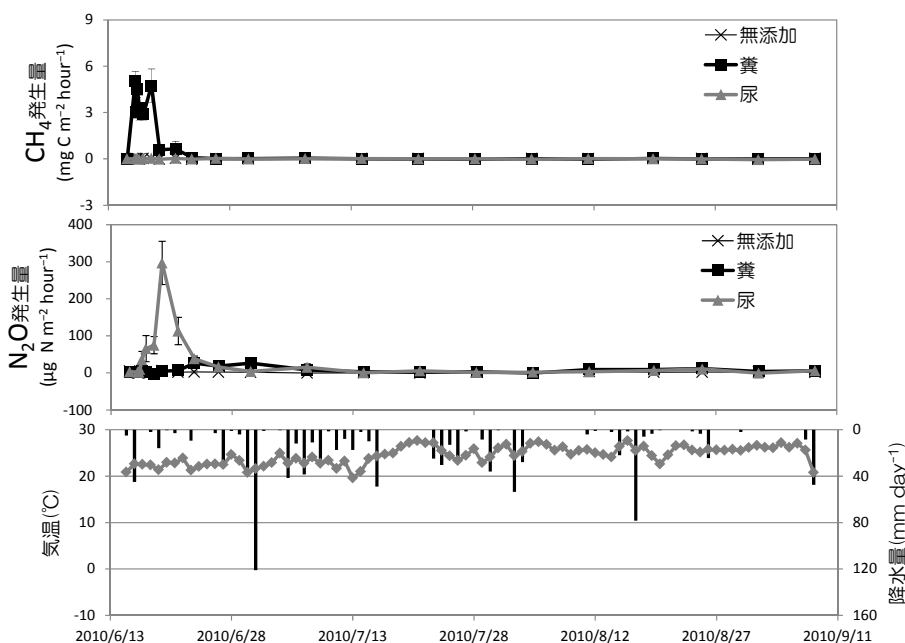


図4 シバ放牧期間（高温時期）における肉牛排せつ物由来の温室効果ガス発生量

3) 舎飼飼養と放牧飼養の比較

家畜排せつ物管理で発生する温室効果ガスの観点から舎飼飼養と放牧飼養を比較すると、どのような違いがあるのでしょうか。放牧牛の糞由来のメタン排出係数は、肉牛排せつ物を堆積発酵で堆肥化する際のメタン排出係数より小さく、放牧牛の糞由来と尿由来の一酸化二窒素の排出係数は、肉牛排せつ物を堆積発酵で堆肥化する際の一酸化二窒素の排出係数より小さいことが分かりました（図5）。

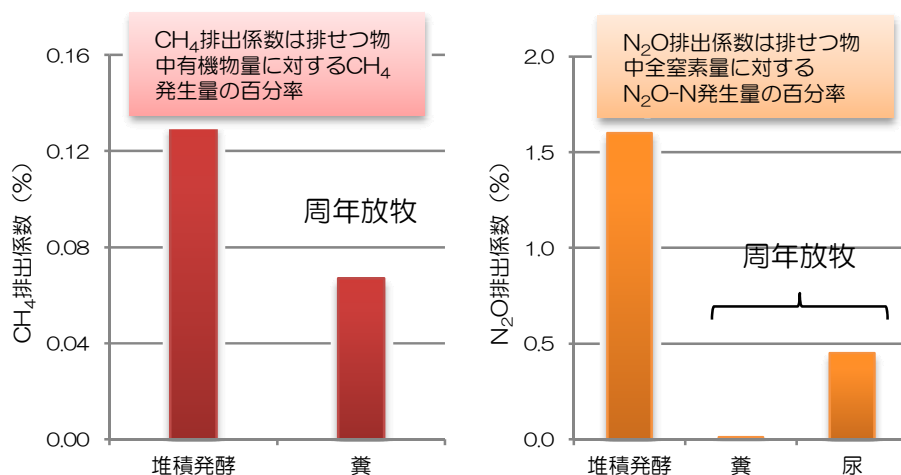


図5 肉牛排せつ物の堆積発酵と放牧牛排せつ物に由来する温室効果ガスの排出係数

メタンは酸素が少ない条件で生成します。また、一酸化二窒素は「硝化」と「脱窒」で生成しますが、一酸化二窒素の発生量を大きく増加させる「脱窒」は酸素が少ない条件で起こります。堆積発酵による堆肥化のように糞尿を集めて処理すると、糞尿中に含まれる水分が原因で酸素が少ない条件となり、メタンや一酸化二窒素が発生しやすくなります。しかし、放牧地は糞尿が乾きやすく、メタン生成や「脱窒」による一酸化二窒素生成が起こりにくい条件となるため、排出係数が小さくなったと考えられます。

5. 水田放牧で発生する温室効果ガスの全体像は？

水田放牧の全体像を考えると、メタン、一酸化二窒素の他に飼料生産に利用するトラクタの燃料消費、圃場～畜舎間の飼料・家畜の運搬などに利用するトラックの燃料消費、肥料・農薬・ラップフィルムなどの生産工程から、二酸化炭素などの温室効果ガスが発生します。水田放牧で発生する温室効果ガスの全体像を見るためには、「飼料生産」、「飼料等運搬」、「消化管内発酵」、「排せつ物」から発生する3種類の温室効果ガス（メタン、一酸化二窒素、二酸化炭素）の総和を見ることが大切です（図6）。



図6 水田放牧全体から発生する温室効果ガスの総合評価の重要性

6. 飼養形態は温室効果ガス発生にどのように影響するか？

水田放牧で発生する温室効果ガスを維持期繁殖牛1頭1日当たりの発生量に換算して、輸入飼料依存の舎飼の場合と比べると、イタリアンライグラス（IR）やバヒアグラス（BA）を利用する放牧では発生が少なく、立毛放牧やイネ WCS（稲発酵粗飼料）圃場給与放牧は発生が多くなりました（図7）。すなわち、放牧で発生が減る場合、放牧で発生が増える場合の両者があり、稲作由来のメタン発生の影響が大きいことが分かりました（千田・荻野 2013）。さらに、舎飼飼養の中でも、輸入飼料依存の舎飼より牧草サイレージを主飼料とする舎飼は発生が少なく、イネ WCS を主飼料とする舎飼では発生が多くなりました。

内訳を見ると、「飼料生産」は既述のように稲作由来のメタン発生が主因となり、牧草より稲を利用する飼養形態で発生が多くなりました。「圃場～畜舎の飼料・家畜の運搬」では、イネ WCS 運搬や飼料輸入の燃料消費に由来する二酸化炭素発生が主因となり、舎飼より放牧で発生が少なくなりました。「消化管内発酵」は舎飼より放牧で発生が多くなりました。放牧すると乾物摂取量が増加し、乾物摂取量が増えるとルーメン内でメタン生成が増えるためです。「糞尿排せつ、排せつ物管理」は舎飼より放牧で発生が少なくなりました。舎飼は

既述のように堆肥化などの排せつ物管理でメタン，一酸化二窒素が比較的たくさん発生するためです（図5）。

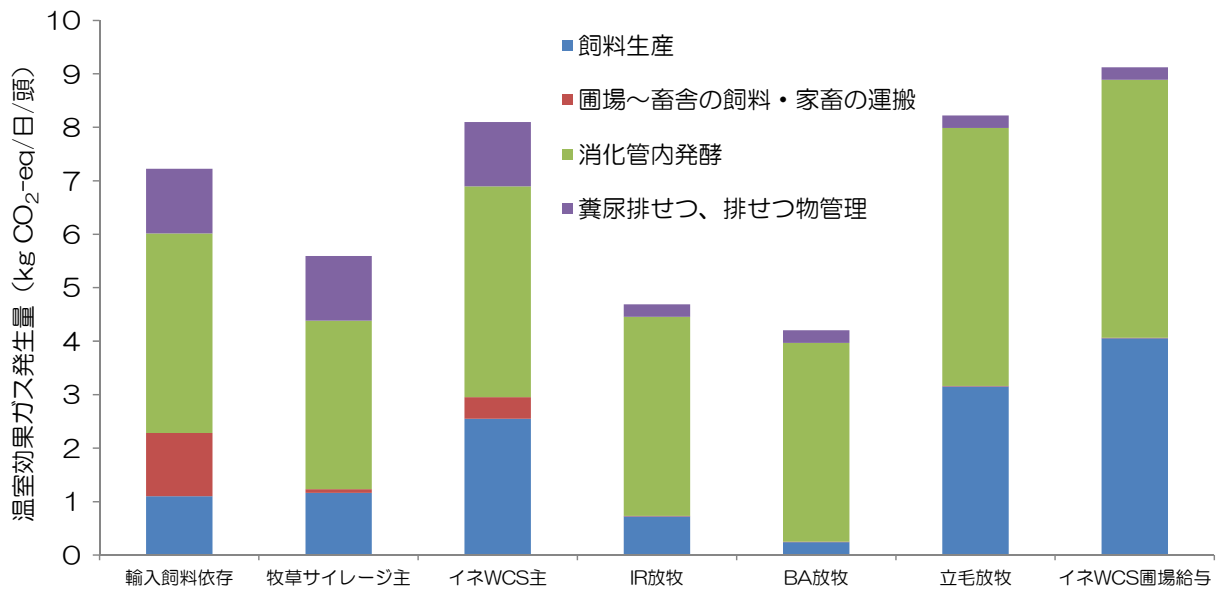


図7 維持期繁殖牛1頭1日当たりの温室効果ガス発生量

7. 水田飼料資源を利用して温室効果ガスの発生を抑制するためには？

「牧草を利用する放牧」と「稲を利用する放牧」で，温室効果ガス発生が大きく異なることが分かりました（図7）。それでは，「牧草と稲を合わせて利用する周年放牧（図8）」を全年（365日）で見た場合の発生はどうでしょうか。

常総市の営農現場で取り組んでいる維持期繁殖牛の周年放牧（牧草放牧 125日，立毛放牧 45日，イネWCS放牧 45日，妊娠末期～授乳期の舎飼期間 150日）では，子牛1頭当たりの生産で発生する温室効果ガスが，輸入飼料依存の舎飼の場合より6～7%少なくなることが分かりました（千田・荻野 2013）。また，飼養形態別の温室効果ガス発生量（図7）から明らかなように，牧草の放牧利用を拡大すればさらに発生を抑制できます。食用米生産では，中干し期間を1週間延長するとメタン発生量を約30%削減できることが分っていますので（農業環境技術研究所 2012），中干しを強めに行うことにより飼料イネ生産で発生するメタンを抑制することも可能です。



図8 牧草放牧，立毛放牧，イネWCS放牧を組合わせた周年放牧

参考文献

GIO「日本の温室効果ガス排出量データ（1990～2010年度）確定値」（温室効果ガスインベントリオフィス，2012年）

IPCC「第4次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約」（文部科学省・経済産業省・気象庁・環境省，2007年，5頁）

農業環境技術研究所「水田メタン発生抑制のための新たな水管理技術マニュアルー環境にやさしい水田水管理ー」（農業環境技術研究所，2012年，5-8頁）

千田雅之・荻野暁史「水田飼料資源を利用した子牛生産のLCAによる環境影響評価」（日本農業経済学会論文集，2013年，267-274頁）

（執筆者：森昭憲）