

B-16 地球温暖化抑制のためのCH₄, N₂Oの対策技術開発と評価に関する研究

(10) 草地におけるCH₄, N₂O管理手法に関する研究

研究代表者

農林水産省 草地試験場

環境部 土壌物質動態研究室 渋谷 岳

農林水産省 草地試験場

環境部 土壌物質動態研究室

渋谷 岳 (現 草地試験場 山地支場)

野中 邦彦 (現 野菜・茶業試験場 茶栽培部)

川内 郁緒 (現 九州農業試験場 畑地利用部)

平成10~11年度予算額

8,438千円

(平成11年度予算額

4,057千円)

【要旨】家畜ふん尿の処理利用過程や施肥に伴って草地から放出される温室効果ガスの動態及び発生実態を把握し、草地畜産における温室効果に関する環境へのインパクト評価、並びに今後、集中的に実測・研究の必要な事項の明確化を行い、地球環境保全に資することを目的とする。

そこで、91、95、96、97、98年に通年測定した採草地におけるCH₄, N₂Oフラックスデータ、及び家畜ふん尿(牛スラリー)施用時のガスフラックスデータ、九州農業試験場畑地利用部生産管理研究室、北海道立根釧農業試験場土壌肥料科の協力により提供された測定データに基づき、環境庁地球環境研究総合推進費B-2-(4)-②「草地における温室効果微量ガス放出量の解明に関する研究」において作成した排出係数インデックスの改訂を行い、さらに対策技術として検討した家畜ふん尿(牛スラリー)の施用方法や施肥窒素肥料の種類変更に関するインデックスを作成した。

また、平成9年度に完了した環境庁地球環境研究総合推進費B-16-(3)「草地における温室効果微量ガスの動態と制御技術」において計画した、施肥時のN₂O放出量低減化に有効な施肥管理方法とスラリー圃場還元時のCH₄, N₂O放出量低減化に有効なスラリー貯留前の攪拌曝気処理方法について、コスト調査を行った。その結果、施肥時のN₂O放出量低減化では、従来の慣行肥料を用いた施肥管理方法に比べてN₂O放出量は低減するが、肥料代は約17~51%増となった。一方、スラリー貯留前の攪拌曝気処理には、年間コストが約200万円程度かかることを示した。

さらに、採草地に関係した改訂したインデックス、国内草地のCH₄, N₂O放出量インベントリー、地球温暖化係数(GWP)を使用して、草地畜産の温室効果へのインパクト評価を行った。その結果、大きなインパクトを有するのは、窒素肥料、家畜ふん尿(スラリー)であることが示され、これらが集中的に実測・研究の必要な事項となる、と考えられた。

【キーワード】草地、亜酸化窒素、メタン、窒素肥料、家畜ふん尿

1. 序

97年11月に京都で行われた第3回気候変動枠組み条約締約国会議(COP3)において、CO₂(二酸化炭素)のみならず、CH₄(メタン)、N₂O(亜酸化窒素)、HFC(ハイドロフルオロカーボン)、PFC(パー

フルオロカーボン)、SF₆(六フッ化硫黄)が削減対象となり、2008年から2012年の5年間を目標期間とする削減目標が設定された。この削減目標達成に向けた行動計画作成のために、各温室効果ガスの精度の高い排出・吸収量推定が求められている。

一方これまでの研究から、草地畜産における温室効果ガスの発生は、家畜ふん尿からのCH₄及びN₂O、施肥窒素からのN₂Oによるものが多いことがわかっており、これらの発生量を抑制することが地球温暖化対策として重要であると考えられる。

そこで、これまでの測定データ及び我が国有数の畜産地帯に存在する九州農業試験場畑地利用部生産管理研究室、北海道立根釧農業試験場土壌肥料科の協力により提供された関連データも交えて、採草地からのCH₄、N₂O排出係数インデックスを検討し、平成6年度に試作したCH₄、N₂O排出係数インデックスの改訂を行った。

また、草地畜産におけるCH₄、N₂O放出量低減化に有効な削減対策のコスト調査を行い、さらに地球温暖化係数(GWP)を使用して、草地畜産の環境へのインパクト評価及び集中的に実測・研究の必要な事項の明確化を図った。

2. 研究方法

(1) 草地及び家畜ふん尿に関係したCH₄、N₂O排出係数インデックスの改訂

91、95、96、97、98年に通年測定した採草地におけるCH₄、N₂Oフラックスデータ、及び家畜ふん尿(牛スラリー)施用時のガスフラックスデータ、九州農業試験場畑地利用部生産管理研究室、北海道立根釧農業試験場土壌肥料科の協力により提供された測定データに基づき、環境庁地球環境研究総合推進費B-2-(4)-②「草地における温室効果微量ガス放出量の解明に関する研究」において作成した排出係数インデックスの改訂を検討した。

(2) スラリー施用法及び窒素肥料の種類が異なる場合のCH₄、N₂O排出係数インデックスの作成

環境庁地球環境研究総合推進費B-2-(4)-②「草地における温室効果微量ガス放出量の解明に関する研究」、B-16-(3)「草地における温室効果微量ガスの動態と制御技術」において、検討してきた対策技術に関して、スラリー施用方法や窒素肥料の種類に関するCH₄、N₂Oの排出係数インデックスを検討した。

(3) 草地畜産におけるCH₄、N₂O放出量低減化に有効な削減対策のコスト調査

平成9年度に完了した環境庁地球環境研究総合推進費B-16-(3)「草地における温室効果微量ガスの動態と制御技術」において計画した、施肥時のN₂O放出量低減化に有効な施肥管理方法とスラリー圃場還元時のCH₄、N₂O放出量低減化に有効なスラリー貯留前の攪拌曝気処理方法についてコスト調査を行った。

(4) 草地畜産の温室効果へのインパクト評価及び集中的に実測・研究の必要な事項の明確化
採草地に関係した改訂したインデックスを使用してCH₄、N₂O排出量インベントリーを作成した。環境負荷影響評価には地球温暖化係数(GWP)を使用し、関係事項の重み付けを行って評価した。

3. 実験結果及び考察

(1) 草地及び家畜ふん尿に関係したCH₄、N₂O排出係数インデックスの改訂

平成6年度に作成したインデックスでは、標準誤差を含めて検討した数値を提示したが、その後測定数値が増えた部分もあるため、改訂に当たっては、その後得られたデータも加えて、

統計処理を行い、検討を行うこととした。

また、これまでの数値は草地試験場(以下、西那須野)のある栃木県那須地域周辺で得られたものであるため、全国に適用するには検討が必要である。全国に対応した排出係数の策定のためには、全国草地面積の約8割を占める北海道や家畜ふん尿の多量施用地域である南九州地域などを含む、全国規模での調査が必要である。参考までに記せば、IPCCガイドラインの平均気温による気候帯区分では、根釧・西那須野は寒帯、都城は温帯に入る。

そこで、我が国有数の畜産地帯に存在する九州農業試験場畑地利用部生産管理研究室(以下、都城)、北海道立根釧農業試験場土壌肥料科(以下、根釧)の協力により提供された測定データも交え、排出係数の検討を行った。

表1 各地のN₂O-N放出率(西那須野の数値は平成10年度までのデータより算出)

	スラリーからのN ₂ O-N放出率		窒素肥料からのN ₂ O-N放出率	
根釧	0.16、0.33	N ₂ O-N%/T-N	0.25、0.25	N ₂ O-N%/N施用量
都城	0.35	N ₂ O-N%/T-N(平均)	—	—
西那須野	0.12	N ₂ O-N%/T-N(平均)	1.0	N ₂ O-N%/N施用量(平均)

都城、根釧より提供されたデータ(表1)は、双方ともCH₄に関する試験を行っていないことから、スラリーと窒素肥料に関するN₂O関連のもののみとなった。試験時期等の条件が異なるため、単純な比較はできないが、スラリーからのN₂O-N排出係数を比較すると、西那須野よりも平均気温が約7°C低い根釧が当研究室で観測した数値よりも高い数値(平均値比で約2倍, n=2)を示した。一方、西那須野よりも平均気温が約4°C高い都城も高い数値(平均値比で約3倍, n=6)を示した。また窒素肥料からのN₂O-N排出係数を比較すると(これは根釧のみ)、根釧で観測された数値は西那須野での観測数値の範囲内(0.1~4.4N₂O-N%/N施用量)であるが、平均値比で約1/4(n=2)であった。これらの原因の検討には、測定例が少なく、今後の測定例の充実が必要である。それらのデータを統計的にまとめて表2に示した。

表2 草地、林地及び家畜ふん尿に関係したCH₄, N₂Oの排出係数(改訂版)

N ₂ O排出係数	n	中央値	平均値	標準偏差	範囲	単位
草地	5	44.0	43.8	2.5	40.6 ~ 47.4	N ₂ O-Nmg/m ² /yr
窒素肥料	22	2.3	0.9	0.9	0.1 ~ 4.4	N ₂ O-N%/N施用量
放牧牛ふん ^{*1}	7	0.07	0.05	0.04	0.02~ 0.11	N ₂ O-N%/T-N
尿	7	0.37	0.27	0.18	0.12~ 0.61	N ₂ O-N%/T-N
スラリー	12	0.21	0.16	0.11	0.06~ 0.35	N ₂ O-N%/T-N
放牧牛 ^{*2}	—	0.32	—	—	0.09~ 0.55	N ₂ O-Ng/頭/day
林地	1	—	45.9	—	—	N ₂ O-Nmg/m ² /yr
CH ₄ 排出係数	n	中央値	平均値	標準偏差	範囲	単位
草地	5	-126.5	-129.9	18.8	-106.8 ~ -146.2	CH ₄ -Cmg/m ² /yr
放牧牛ふん	7	0.19	0.18	0.06	0.10~ 0.28	CH ₄ -C%/T-C
スラリー	9	0.31	0.26	0.15	0.06~ 0.55	CH ₄ -C%/T-C
放牧牛 ^{*2}	—	2.75	—	—	0.85~ 4.65	CH ₄ -Cg/頭/day
林地	1	—	-449.5	—	—	CH ₄ -Cmg/m ² /yr

*1: 春先や排出後乾燥した状態が続くとN₂O放出は起きない場合もある。

*2: フェルメーション出力値(築城ら, 放牧地における牛の成長のフェルメ化, 草地試研報, 43:1-11, 1990)

改訂した排出係数は、平成6年度に作成したインデックスと比較して、測定回数の増えた部分については、精度の高い数値を出すことができたといえる。しかしながら、項目の中には、中央値や標準偏差が平均値に対して大きく離れているものがある。肥料や家畜ふん尿の施用時期や圃場へ施用するまでの状態によってCH₄、N₂O排出量は大きく影響を受けるが、測定に関してはそれらの条件を厳密にそろえて行ったものではないため、数値の精度という点では決して高いとは言えず、今後とも継続的な測定の必要がある。また家畜ふん尿に関係した部分は測定回数が少ないため、今後測定例数を増やして精度の向上を図ることが望まれる。

(2) スラリー施用方法や窒素肥料の種類に関するCH₄、N₂Oの排出係数インデックスの作成

① 乳牛ふん尿に関係したCH₄、N₂Oの排出係数インデックスの作成

平成6年度に作成したインデックスの項目以外に、対策技術として検討したスラリー施用方法に関するインデックスを作成した。乳牛ふん尿に関係した排出係数インデックスを表3に示す。

表3 乳牛ふん尿に関係したCH₄、N₂Oの排出係数

N ₂ O排出係数						
項目	n	中央値	平均値	標準偏差	範囲	単位
スラリー						
表面施用	12	0.21	0.16	0.11	0.06~0.35	N ₂ O-N%/T-N
N.I添加*	1	--	0.07	--	--	N ₂ O-N%/T-N
土中施用	6	0.51	0.45	0.18	0.29~0.72	N ₂ O-N%/T-N
N.I添加*	1	--	0.20	--	--	N ₂ O-N%/T-N
土壌混和	1	--	0.15	--	--	N ₂ O-N%/T-N
溝施用	1	--	0.18	--	--	N ₂ O-N%/T-N
ふん尿貯留槽	1	--	4.27	--	--	N ₂ O-Ng/頭/yr
CH ₄ 排出係数						
項目	n	中央値	平均値	標準偏差	範囲	単位
スラリー						
表面施用	9	0.31	0.26	0.15	0.06~0.55	CH ₄ -C%/T-C
土中施用	6	0.06	0.07	0.03	0.02~0.10	CH ₄ -C%/T-C
土壌混和	1	--	0.09	--	--	CH ₄ -C%/T-C
溝施用	1	--	0.18	--	--	CH ₄ -C%/T-C
ふん尿貯留槽	1	--	23.0	--	--	CH ₄ -Ckg/頭/yr

*: N.I添加=スラリー全窒素量の0.5重量%相当の硝化抑制剤(チオ尿素)を添加

スラリー施用に関しては、我が国では数は少ないが、現存する機械を用いた場合を想定して、対策技術としての効果を検討したものである。測定回数が1回のももあり、この項目に関しては、さらに測定を重ねて、精度を上げた後に、対策技術としての有効性を確認する必要がある。

表2と同様に、得られたデータの中央値や標準偏差には、平均値に対して大きく離れている部分がある。前述したように、施用時期や圃場へ施用するまでの状態によってCH₄、N₂O排出量は大きく影響を受けるが、厳密に条件をそろえてデータを取ったものではないため、数値の精度には問題がある。それ故に、今後、施用時期、地域性なども含めて、測定例数を増やして精度の向上を図ることが望まれる。

ここで比較的数量多く検討してきたものは、表面施用と土中施用であるが、表3を見てわかるとおり、CH₄放出量低減には土中施用、N₂O放出量低減には表面施用が有効となる相反する関係が存在している。これは、スラリー中窒素の約50%はアンモニア態であるのだが、表面施用ではアン

モニア揮散により、実際の施用窒素量が減少するのに対し、土中施用では揮散が起りにくいことから、窒素量の減少が少なくなり、その分 N_2O 放出量が増える結果となる、と推定された。また、土中施用による CH_4 放出量低減は、 CH_4 の土壌への封じ込め及び吸収による、と推定された。

そこで、施用直前に硝化抑制剤(Nitrification Inhibitor=N.I)を添加したスラリーの土中施用法により、 CH_4 、 N_2O の両方の排出量の低減化を企図した。その結果、硝化抑制剤を添加することにより、 N_2O 放出量は添加しない場合の50%以下に低減された。

ここでは、硝化抑制剤にはチオ尿素を選択しているが、他の硝化抑制剤を使用すれば数値は変わるため、今後さらに効果の高い硝化抑制剤の検討も必要である。なお、チオ尿素はその恐れが少ないが、硝化抑制剤の中には魚毒活性を示すものもあるので、使用にあたっては注意が必要である。ちなみにチオ尿素は平成11年4月の時点では、量産には至っておらず、このようなことも対策技術構築にあたっては考慮が必要である。

②窒素肥料に関係した N_2O の排出係数インデックスの作成

採草地では窒素肥料の施用により、 N_2O が発生する。そこで、窒素肥料の種類を変えて N_2O 発生量を低減化させる試験を行った。その際に使用した肥料についての特徴を表4に示す。

また採草地での施肥は、通常、草地表面に肥料を散布するのみで、土壌との混和は行わないため、各種検討肥料を草地表面に施用してデータを収集した結果を表5に示す。

表4 検討した窒素肥料の特徴

化成肥料	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=17-17-17%		尿素:53%	アンモニア態窒素:47%
肥効調節型肥料				
化学合成タイプ	(CDU)	CDU窒素		
被覆タイプ	(LP30)	被覆尿素30日溶出タイプ		
	(LP70)	被覆尿素70日溶出タイプ		
	(ロング40)	被覆硝酸カルシウム40日溶出タイプ		
硝化抑制剤入り	(DCD)	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=15-15-15%		
	(AM)	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=15-15-15%		
硝酸性窒素肥料	(硝カル)	硝化抑制剤:2-アミノ-4-クロロ-6-メチルピリミジン 硝酸カルシウム(潮解性が大きく、取扱いに難)		

化成肥料、硝化抑制剤入り肥料以外はリン及びカリウムを含まないため、P₂O₅として過燐酸石灰、K₂Oとして塩化カリウムを使用した。
施肥は早春、1番、2番、3番刈後の4回行い、1回の施用量はN,P₂O₅,K₂Oで各5kg/10a。

表5 窒素肥料に関係した N_2O の排出係数

項目	n	中央値	平均値	標準偏差	範囲	単位
化成肥料	20	2.3	1.0	0.9	0.1~4.4	N_2O -N%/N施用量
肥効調節型窒素肥料						
化学合成タイプ						
CDU	12	0.5	0.4	0.3	0.0~1.0	N_2O -N%/N施用量
被覆タイプ						
LP30	8	0.4	0.3	0.2	0.1~0.7	N_2O -N%/N施用量
LP70	12	0.3	0.2	0.2	0.0~0.6	N_2O -N%/N施用量
ロング40	8	0.4	0.4	0.2	0.1~0.6	N_2O -N%/N施用量
硝化抑制剤入り						
DCD	12	0.4	0.3	0.2	0.0~0.8	N_2O -N%/N施用量
AM	12	0.4	0.4	0.2	0.1~0.7	N_2O -N%/N施用量
硝カル	12	0.4	0.2	0.2	0.0~0.8	N_2O -N%/N施用量

各種タイプの肥効調節型肥料、硝酸性窒素肥料を施用することで、慣行の化成肥料を施用する場合に比べて、N₂O放出量は大きく低減されていることがわかる。

次項(3)－①では、このことを利用して、N₂O放出量低減化に有効な施肥計画を策定している。

表2と同様に、得られたデータの中央値や標準偏差には、平均値に対して大きく離れている部分がある。施用後の天候や施用時期により、N₂O排出量は大きく影響を受けるため、数値の精度には問題がある。それ故に、ここに示した数値のみの比較により対策技術体系を構築するのは問題があり、前述した施用時期、地域性や収量なども含めた検討が必要である。

(3) 草地畜産におけるCH₄, N₂O放出量低減化に有効な削減対策のコスト調査

① 施用肥料の種類変更による採草地からのN₂O放出量低減化に関するコスト調査

平成9年度に完了した環境庁地球環境研究総合推進費B-16-(3)「草地における温室効果微量ガスの動態と制御技術」において、N₂O放出量、牧草収量、品質、取り扱いの難易等を勘案して計画した、施肥時のN₂O放出量低減化に有効な施肥管理方法(表6)について、コスト比較を行った。

表6 N₂O放出量低減化に有効な施肥計画と予想されるN₂O放出量低減化率

施肥計画	試算低減化率
全追肥時に硝化抑制剤入り化成肥料(DCD, AM)のみを使用	43～57%減
早春施肥は慣行肥料(化成)、刈取後施肥は緩効性窒素肥料(CDU)を使用	47%減

試算低減化率は、慣行施肥におけるN₂O放出量最小値(N₂O放出実測値－標準誤差)に対して、それぞれの施肥時期別N₂O放出量最大値(N₂O放出実測値＋標準誤差)の積算値から試算した。

各N₂O放出量は無施肥の数値で補正している。

その結果、表7に示すように、従来の慣行肥料を用いた施肥管理方法に比べて、これらの肥料を用いた施肥方法では、肥料代が約17～51%増となった。最もコスト高となったのはCDUを使用した施肥計画であった。

表7 施用肥料の種類変更による採草地からのN₂O放出量低減化に要するコスト

	10aあたり年間	差額
17ALL全分施	10588円	—
AM全分施	14452円	3864円
DCD全分施	12388円	1800円
早春17ALL＋他分施時CDU	15993円	5405円

施肥は早春、1番、2番、3番刈後に行い、各分施時N-P₂O₅-K₂O=5-5-5kg/10aで、年4回分施した。CDU施用時は過燐酸石灰、塩化カリも施用するため、その費用も含んでいる。

肥料代の計算は、平成10年12月現在の価格を使用。1円以下は四捨五入している。

一般に肥効調節型肥料は肥効率が高いため、減肥できる可能性が高い。本試験では、既存の施肥体系との置き換えを主眼にしているため、窒素、リン酸、カリの施用量は変更していない。減肥ができれば、肥料の施用量自体が減り、コスト及びN₂O放出量も減るため、肥効調節型肥料の使用は有効な選択肢となり得ると思われる。減肥とコストの点は今後の検討が必要である。

② スラリー攪拌曝気処理による圃場還元時のCH₄, N₂O放出量低減化に関するコスト調査

平成9年度に完了した環境庁地球環境研究総合推進費B-16-(3)「草地における温室効果微量ガスの動態と制御技術」において示した、家畜ふん尿(牛スラリー)の圃場還元に伴い、放出される

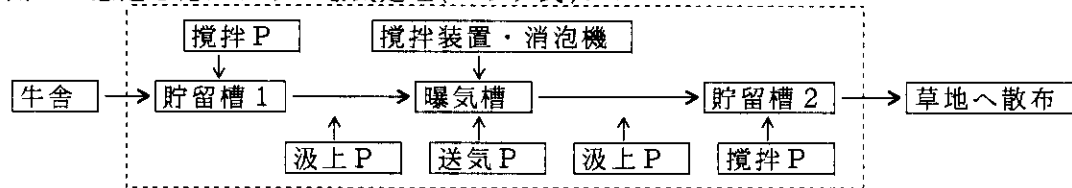
CH₄、N₂O放出量をスラリー貯留前に攪拌曝気処理を行うことにより、低減させる方法(表8、図1)について、コスト調査を行った。

表8 スラリー曝気処理による予想CH₄、N₂O放出量低減化率*

	曝気処理時+貯留期間	圃場還元時
CH ₄ 放出量の低減化率	83%減	90%減
N ₂ O放出量の低減化率	---	50%減

*: スラリー貯留前に15日間攪拌曝気処理を行い、その後162日間貯留し、圃場に表面施用したと仮定。攪拌曝気処理方法は、水中ポンプ攪拌曝気、回転翼攪拌曝気を行ったものとする。

図1 想定したスラリー曝気処理(バッチ式)フロー



*: 全てのP(ポンプ)は電気による駆動とした

表9 スラリー曝気処理によるCH₄、N₂O放出量低減化の装置等のコスト

	導入時コスト	年間コスト
ケース1: 既存施設が貯留槽1基で、回転翼攪拌曝気を導入	1926.4万円	191.63万円/年
ケース2: 既存施設が貯留槽1基で、水中ポンプ攪拌曝気を導入	2052.9万円	216.93万円/年
ケース3: 新規建設で、施設構成が同等のA社のシステムを導入	2793万円	268.65万円/年

内訳: ケース1 ○攪拌曝気装置等の内訳 合計: 635.4万円

- ・ミキサー: 7.5kw、73万円
- ・送気P: 3.75kw 64.4万円
- ・消泡機(2基): 0.75kw×2 34万円
- ・汲み上げP(2基): 4.0kw 206万円
- ・攪拌P(2基): 3.75kw 258万円

○貯留槽の内訳 合計: 1291万円

- ・曝気槽(126m³) 516万円
- ・貯留槽(388m³) 775万円

ケース2 ○攪拌曝気装置等の内訳 合計: 761.9万円

- ・水中P: 15kw、199.5万円
- ・送気P, 消泡機(2基), 汲み上げP(2基), 攪拌P(2基)はケース1と同じ

○貯留槽の内訳 ケース1と同じ

ケース3 ○攪拌曝気装置等 860万円

○貯留槽の内訳 合計: 1933万円

- ・貯留槽(239m³) 642万円
- ・曝気槽(126m³) 516万円
- ・貯留槽(388m³) 775万円

全てのケースは飼養頭数60頭規模と仮定した。工事費はケース3以外は含んでいない。

施設設置にあたっての基礎工事や用地代は現地状況で変わるため、含んでいない。

貯留槽容量は多少オーバースケールであるが、資料中の想定容量に近いものを選択した。

なお、全て地上設置タイプで、地下設置タイプは見積もりが前提のため、価格は不明。

実規模試験を行っていないため、運転条件を決められず、使用電力の計算はしていない。

耐用年数は攪拌曝気装置等を5年、貯留槽を20年とし、年間コストは、無残価で、定額法による。

価格は、畜産環境対策大辞典((社)農山漁村文化協会)(平成7年1月)畜産施設機械要覧((社)日本畜産施設機械協会)(平成9年3月)、'97/98農業機械・施設便覧((社)日本農業機械化協会)(平成9年8月)による。

表8, 図1に示した方法のコストを試算し、表9に示した。既存施設の利用や新規建設を行うかにより導入時コストは異なるが、耐用年数を攪拌曝気装置等を5年、貯留槽を20年として、残価を0円、定額法によって計算すると、年間コストは200万円程度になるものと思われる。

表注にもあるが、前提条件が多いために、さらにコストが膨らむ要因がある。曝気中には、低級脂肪酸やアンモニア等の悪臭物質の放散があるため、脱臭装置を設置するとすれば、さらにコストは膨らむ。しかしながら、既存施設の利活用及び運転条件等の検討によりコスト低減化は可能であると考えられる。また、パッチ式で見積もっているが、連続処理方式の有効性が確認されれば、貯留槽の基数も削減できるため、さらにコストは下げられると思われる。

ここでは検討していないが、他の家畜ふん尿処理利用方法(堆肥化等)によるCH₄, N₂O放出量低減化についても、コスト面を含めて今後の検討が必要である。

(4) 草地畜産の温室効果へのインパクト評価及び集中的に実測・研究の必要な事項の明確化

(1)の採草地に関係した改訂したインデックスを使用して、我が国のCH₄, N₂O放出量インベントリーを作成した(表10)。

表10 我が国の草地におけるCH₄, N₂O放出量の試算例

		排出係数	活動量	放出量 (Gg/yr)
採草地	草地	N ₂ O 43.8×10 ⁴	N ₂ O-Nmg/ha/yr 344×10 ³ ha	0.2
		CH ₄ -129.9×10 ⁴	CH ₄ -Cmg/ha/yr //	-0.4
放牧地	草地	N ₂ O 0.9/100×250	N ₂ O-Nkg/ha/yr //	0.8
		N ₂ O 43.8×10 ⁴	N ₂ O-Nmg/ha/yr 375×10 ³ ha	0.2
放牧牛	ふん尿	CH ₄ -129.9×10 ⁴	CH ₄ -Cmg/ha/yr //	-0.5
		N ₂ O 0.9/100×54	N ₂ O-Nkg/ha/yr 305×10 ³ ha	0.2
スラリー施用草地	肥料	N ₂ O 0.32	N ₂ O-Ng/頭/day 220×10 ³ 頭×191日	0.01
		CH ₄ 2.75	CH ₄ -Cg/頭/day //	0.1
	飼料畑	N ₂ O 0.16/100×0.37/100×60×2	N ₂ O-Nkg/ha/yr 344×10 ³ ha	0.2
		CH ₄ 0.26/100×3.63/100×60×2	CH ₄ -Ckg/ha/yr //	3.9
飼料畑	N ₂ O 0.16/100×0.37/100×60×2	N ₂ O-Nkg/ha/yr 174×10 ³ ha	0.1	
	CH ₄ 0.26/100×3.63/100×60×2	CH ₄ -Ckg/ha/yr //	2.0	

日本の草地に関連した活動量は畜産局資料(昭和59年度、平成3年度、平成5年度)から、次のように仮定した。採草地面積：344×10³ha、飼料畑面積：174×10³ha、放牧地面積：375×10³ha=305×10³ha+70×10³ha(野草地面積を含む)、放牧頭数：220×10³頭(乳用牛126×10³頭、肉用牛94×10³頭)。採草地には窒素250kg-N/ha/yr、放牧地には窒素54kg-N/ha/yr施用したとする。野草地は無施肥とし、放牧期間は4月下旬～10月(191日間)とする。放牧頭数は公共牧場利用頭数とする。スラリー施用は採草地、飼料畑に6t/10a、年2回散布したものと仮定。

次いで、表10で示された放出量に、地球温暖化係数(GWP)を乗じて、温室効果に関する環境への負荷(環境負荷)を数値化した(表11)。また(3)で検討した、窒素施肥、スラリー施用による排出量を低減させる方策を採用した場合の環境負荷も示した(表11)。これらを検討することにより、草地畜産の温室効果へのインパクト評価及び集中的に実測・研究の必要な事項の明確化を図ることを目論んだ。

これらを見ると温室効果に大きなインパクトを有しているのは、窒素肥料及び家畜ふん尿(スラリー)の施用であることがわかる。つまり、草地からのCH₄, N₂O放出量を削減するには、窒素肥

料関連、スラリー関連について、対策技術を構築することが有効であると考えられる。

表11 環境負荷(温室効果)影響評価

項目		負荷値	項目別小計	改善措置導入時の負荷値	項目別小計	
採草地	草地	N ₂ O	9.7	47.7	9.7	32.1
		CH ₄	-1.1		-1.1	
放牧地	草地	N ₂ O	39.0	18.2	23.4	14.3
		CH ₄	9.7		9.7	
放牧牛	ふん尿	N ₂ O	-1.3	8	-1.3	--
		CH ₄	9.7		5.8	
スラリー施用草地	飼料畑	N ₂ O	5	30.1	--	8.9
		CH ₄	3		--	
		N ₂ O	9.7		4.9	
		CH ₄	10.2		1.0	
		N ₂ O	4.9		2.4	
		CH ₄	5.3		5	

GWP(IPCC2次報告書) CO₂: 1 CH₄: 21 N₂O: 310

改善施肥におけるN₂O放出低減率を40%、スラリー曝気後貯留による散布におけるN₂O放出低減率を50%、CH₄放出低減率を90%と仮定。

しかしながら、我が国の畜産の現状では、大量に排せつされる家畜ふん尿を草地や飼料畑等に施用し、有効に利用しなければならない状況にあり、単純に施用量を減らしてCH₄、N₂O放出量を削減するという手段は採れない。そのため、家畜排泄物の有効な利活用をするという前提を置いて、コストのみならず、栽培作物の収量及び品質等も考慮しながら、CH₄、N₂O放出量削減のための対策技術の検討を行う必要がある。

また、表11においては、低減策の採用に伴って発生する温室効果ガス負荷量の測定及び試算が不十分であるため、その分を加算していない。それ故に、実際の負荷量はさらに増えることが予想されるため、この点については今後の検討課題となる。

なお、試算に必要な活動量については、実態の不明な部分が多いため、仮定をおいて試算しているが、活動量に関する数値についての統計調査の充実と確度の向上が望まれる。

4. 得られた成果

- 91、95、96、97、98年に通年測定した採草地におけるCH₄、N₂Oフラックスデータ、及び家畜ふん尿(牛スラリー)施用時のガスフラックスデータ、九州農業試験場畑地利用部生産管理研究室、北海道立根釧農業試験場土壌肥料科の協力により提供された測定データに基づき、環境庁地球環境研究総合推進費B-2-(4)-②「草地における温室効果微量ガス放出量の解明に関する研究」において作成した排出係数インデックスの改訂を行った。
- 環境庁地球環境研究総合推進費B-2-(4)-②「草地における温室効果微量ガス放出量の解明に関する研究」、B-16-(3)「草地における温室効果微量ガスの動態と制御技術」において、検討してきた対策技術に関して、スラリー施用方法や窒素肥料の種類に関するCH₄、N₂Oの排出係数インデックスを作成する検討を行った。
- 平成9年度に完了した環境庁地球環境研究総合推進費B-16-(3)「草地における温室効果微量ガスの動態と制御技術」において計画した、施肥時のN₂O放出量低減化に有効な施肥管理方

法とスラリー圃場還元時の CH_4 、 N_2O 放出量低減化に有効なスラリー貯留前の攪拌曝気処理方法について、コスト調査を行った。その結果、施肥時の N_2O 放出量低減化では、従来の慣行肥料を用いた施肥管理方法に比べて、肥料代が約17~51%増となった。一方、スラリー攪拌曝気処理による圃場還元時の CH_4 、 N_2O 放出量低減化方法は、年間コストが約200万円程度かかると試算された。

4. 採草地に関係した改訂したインデックス、国内草地の CH_4 、 N_2O 放出量インベントリー、地球温暖化係数(GWP)を使用して、草地畜産の温室効果へのインパクト評価を行った。その結果、大きなインパクトを有するのは、窒素肥料、家畜ふん尿(スラリー)であることが示され、これらが今後集中的に実測・研究の必要な事項となると考えられた。

[研究発表の状況]

(1) 口頭発表 なし

(2) 論文発表

- ①山本克巳、渋谷 岳：畜産における温室効果ガスの発生制御 第五集，106-125(2000)
V. 草地とメタン・亜酸化窒素 B. 草地と亜酸化窒素
- ②渋谷岳、川内郁緒、野中邦彦：草地飼料作研究成果最新情報 14, 71-72(1999)
硝化抑制剤添加スラリーの土中施用によるメタン及び亜酸化窒素放出量の低減
- ③渋谷岳、川内郁緒、野中邦彦：草地飼料作研究成果最新情報 14, 73-74(1999)
肥効調節型窒素肥料の利用による採草地からの亜酸化窒素放出の低減