

家畜生産と環境保全

三枝 俊哉

北海道立根釧農業試験場, 中標津町086-1135

Environmental Research for Sustainable Dairy Farming

Toshiya SAIGUSA

Konsen Agricultural Experiment Station,
Nakashibetsu 086-1135

キーワード: 揮散, 溶脱, 表面流出, 浄化, 環境研究, 草地.

Key words: environmental research, gas emission, grassland, leaching, nutrient removal, surface run off

1. はじめに

北海道では、豊かな自然に囲まれた広大な土地面積を背景に、多頭数を飼育する大規模経営が展開されている。これを持続的に発展させるためには、周辺環境との調和が不可欠である。

わが国では、環境保全に留意した資源循環型畜産を目指す「家畜排泄物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が平成11年に制定された。この法律は制定後5年間の猶予期間を経て、平成16年11月1日から本格施行され、ふん尿貯留施設の適正整備が畜産農家に対して義務づけられた。

環境汚染は、①牛舎・ふん尿貯留施設のように汚染源となる地点を特定できる点源汚染と、②農地のよう

にある程度の面積を有し、明確に地点を特定できない面源汚染に区分できる(図1)。前述した法律は、主に点源汚染の対策を畜産農家に義務づけたことになる。環境保全に配慮した畜産経営を持続的に展開するためには、こうしたふん尿貯留管理の適正化とともに、貯留されたふん尿を適正に処理・利用する必要がある。

豊かな土地面積を有する北海道酪農では、産出されたふん尿を草地などの粗飼料生産圃場に還元し、利用することを基本とする。この時、農地への不適切なふん尿還元は、農地を汚染源とする環境汚染を引き起こす懸念がある。それゆえ、そこには適切な面源汚染対策が必要となる。現在、酪農家の点源汚染対策は、前述の法律に基づいて急速に進展しつつある。このため、今後は貯留されたふん尿を適切に利用するための

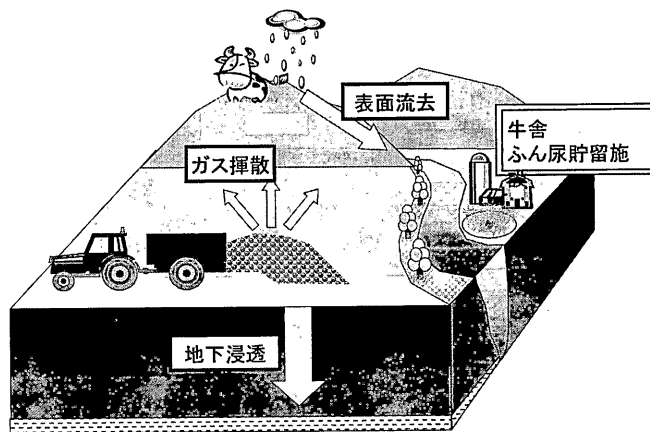


図1 草地酪農地帯における環境汚染源の例

□, 面源汚染; ■, 点源汚染

面源汚染対策が、相対的に重要性を増すと考えられる。

そこで本稿では、北海道の酪農地帯における環境保全研究の現状と今後の課題について、面源対策に係る試験研究を中心に述べることにする。

2. 北海道の酪農地帯における河川水質

北海道の酪農地帯において、河川水質に影響を及ぼす要因を解析した事例として、志村・田淵(1997)、井上ら(1999)は、流域の草地面積割合、乳牛飼養頭数、河川改修率の増大が河川に対する窒素負荷を高めることを指摘した。また、大村(1994)、井上ら(1999)および宗岡ら(2000)は、点源汚染と面源汚染の存在を指摘し、それぞれの対策を考察した。さらに、岡澤ら(2001)は降雨時における水質の特性を解析した。

このような影響評価研究に基づき、根釧農試ら(2004a)は、道内草地酪農地帯における河川水質を調査した。その結果、図2のように、酪農経営が河川水質に窒素の負荷をかけている実態が確認された。河川水質の水準としては、環境基準値を超えるほど悪化しているわけではない。しかし、さけ・ます漁業等、地域

の他産業や住民の理解を得て持続的な酪農の展開を図るためには、営農活動の上で改善の努力が必要と指摘された。その改善指針が表1のように整理されている。以下には、この改善指針の根拠となった面源汚染対策研究の事例を示す。

3. 草地酪農地帯における面源汚染削減対策

1) 地下浸透量の削減対策

作物に吸収されない養分は雨で地面にしみ込み、地下水や河川水を汚染する。これを軽減するには、不必要な養分を施用しないことが基本である。

中央農試(2004a)では、圃場への窒素投入量から作物の窒素吸収量を差し引いた余剰窒素量の多い地域ほど河川水の窒素濃度が高い傾向を指摘した。草地で大量の余剰窒素が発生する場面としては、飼養形態や貯留方法によって肥料養分含量の大きく変動する堆肥やスラリー等が、その肥効評価と施肥対応の不十分なまま、作業効率の都合で局所的に大量散布される場合が想定される。

北海道では草地へのふん尿施用に対して、その肥効

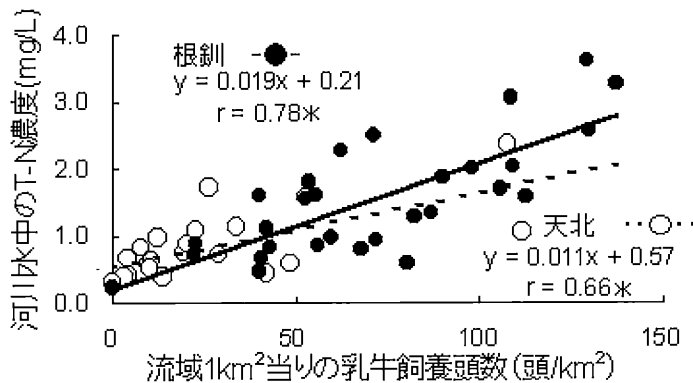


図2 草地酪農地帯における河川水質の実態 (根釧農試ら 2004a)

表1 土地利用型酪農・畜産場における草地からの養分流出実態と負荷低減対策

対象草地	負荷発生要因	農家単独で実施できる対策		
更新草地	地下浸透	10t/10a以上の堆肥のすき込みにより、最大でNO ₃ -N10mg/L以上の高濃度の窒素が地下浸透。	堆肥の施用量は施肥標準に準拠した5~8t/10aまでとする。	
	表面流出 (傾斜草地)	更新翌年の春までに30~100kg/10aの土砂およびそれに伴うT-N、T-Pの表面流出。	1.更新後越冬前までに十分な植被を確保する。 2.一部不耕起による緩衝帯設置等土壌流出を抑制する更新方法	
採草地	地下浸透	スラリーの多量施用により窒素の溶脱量が増加。	北海道施肥ガイドに準じた糞尿施用量の遵守。	
	表面流出	非積雪期	施肥後に最大T-N30~314、T-P8~36mg/Lの高濃度の表面流出水が発生。	1.緩衝帯草地の設置による表面流出水の養分濃度低減。 2.大雨直前の施肥は避ける。
		融雪期	年間に表面流出する養分の80~90%が融雪期に流出。	1.糞尿の春秋分施 (秋・春の施肥配分) 2.糞尿の春重点施用 (秋・春の施肥配分)
放牧草地	河川への家畜の侵入	糞尿の直接流入	1.河川への家畜の侵入の禁止。 2.飲水施設の設置。	
	放牧施設付近に集積した排糞	表面流出・地下浸透	養分の偏在と負荷の増加。 飲水施設を河川や表面流出水の経路から離して設置する。	
糞尿散布草地	糞尿散布面積 (所有草地・飼料畑面積当たりの飼養頭数1.5頭/haに対し、糞尿散布面積当たりでは2.3頭/ha)	特定の草地に過剰に糞尿が散布されている可能性。	1.適正施肥量の遵守。 2.糞尿の所有面積への均一散布。	
河川・明渠等に隣接した草地	肥料の散布	直接、水系へ養分が流出する危険性。	河川ぎりぎりまで化学肥料、糞尿を散布するのを避ける。	

(根釧農試ら 2004a)

と環境影響が詳細に検討され、施用上限の考え方が整理された(天北農試, 2002; 木場ら, 2002; 天北農試・根釧農試, 2003; 根釧農試ら, 2004b; 三枝ら, 2005a,b,c, 2006). 草地造成・更新時における堆肥施用量の上限は、火山性土で5t/10a(木場ら, 2002), 低地土・台地土で6t/10aとされた(天北農試・根釧農試, 2003). 堆肥施用量がこれを超えると、マメ科牧草の混生割合が低下すること、チモシー単播草地では造成・更新翌年における牧草の増収効率が低下すること、および余剰窒素の発生量が増えること(木場ら, 2002; 天北農試・根釧農試, 2003)が指摘されている。また、この施用量以内であれば、地下水の硝酸態窒素濃度が無肥料区や化学肥料の標準施肥区とほぼ同等に推移することが、ライシメータによる試験で観測された(天北農試, 2002).

一方、維持管理段階の草地ではふん尿主体施肥が推奨されている(三枝ら, 2005a,b,c, 2006). 農地に必要な養分である窒素、リン酸、カリウムのうち、いずれの養分も必要量を超過することなく、その主体をふん尿で賄う施肥をふん尿主体施肥と称す。

従来、維持管理時の草地におけるふん尿の肥料換算は、標準的な堆肥やスラリー現物重量当たりの減肥可能量を設定して対応していた(天北農試, 1988; 松中ら, 1990; 三枝・能代, 1994). ふん尿養分含量のばらつきや肥効の地域性に対しては、スラリーの窒素含量を簡易に予測したり(根釧農試, 1985), 堆肥に由来する窒素吸収予測式を土壌・施用法ごとに設定する(三木, 1993)など、部分的に検討が進められていた。しかし、乳牛飼養頭数の増加に伴って、圃場に施用する養分量に占めるふん尿由来養分の割合が急激に増大してくると、堆肥、スラリー、尿のいずれに対しても、個々のふん尿の養分含量に対応した窒素、リン酸、カリウムのそれぞれについて、より汎用性が高く精密な施肥計画が必要となってきた。

そこで、北海道立農業試験場と畜産試験場は、家畜ふん尿プロジェクト研究チームを結成し、北海道内の異なる気象・土壌条件の試験場で圃場試験を実施して検討を行った。その結果、事前にふん尿の養分含量を分析・定量または簡易に推定し(松本ら, 2002), 得られた養分含量に基づいて肥料換算を行うふん尿主体施肥設計法が確立された(松本・宝示戸, 2005; 三枝ら, 2005a,b,c, 2006). 草地では、ふん尿中の養分含量を表2~4の係数を乗じてふん尿を化学肥料に換算する。表2は、ふん尿中の肥料養分のうち化学肥料と見なせる養分の割合を、ふん尿の種類と養分ごとに設定した基準肥効率と称する係数である(三枝ら, 2005a,b). このうち、窒素の肥効はふん尿の品質と施用時期によって変化するので、表3、表4のように各補正係数を設定している(三枝ら, 2005c; 根釧農試ら, 2004b).

草地とほぼ同様の考え方で、飼料用トウモロコシについても堆肥とスラリーを化学肥料に換算する係数が

表2 チモシー草地に対するふん尿中肥料養分の基準肥効率

種類	(単位:kg/kg)					
	窒素		リン酸		カリウム	
	当年	2年目	当年	2年目	当年	2年目
堆肥	0.2	0.1	0.2	0.1	0.7	0.1
スラリー	0.4	—	0.4	—	0.8	—
尿	0.8	—	—	—	0.8	—

注1 ふん尿中の肥料養分含量に当係数を乗ずることにより、化学肥料に換算する。

注2 施用時期により別途定める補正係数を用いて補正する。なお、最終番草利用後の施用における当年とは施用翌年を指す。

注3 品質の大きく異なるふん尿については別途定める補正係数により補正を加える。(三枝ら2005a,b)

表3 品質の違いによる窒素の補正係数

区分	堆肥		スラリー	
	水分 %	補正係数	乾物当たり NH ₄ ⁺ -N%	補正係数
肥効大	80~	1.4	3.5~	1.2
中	65~80	1.0	1.5~3.5	1.0
小	~65	0.7	~1.5	0.8

注 施用当年のみを補正の対象とする。(三枝ら2005c)

表4 採草地への施用時期の違いによる窒素の補正係数

施用時期	堆肥		スラリー・尿
	TY	OG	TY
9月上旬~10月下旬	1.0	1.0	0.8
4-5月上旬	1.0	1.0	1.0
5月中旬	0.8	1.0	0.8
1番草収穫後	0.5	0.7	0.9
2番草収穫後	—	0.5	—

注1) TY:チモシー採草地; OG, オーチャードグラス採草地

注2) 9-5月の補正係数は年間施肥量に、1番草収穫後では2番草と3番草に、2番草収穫後では3番草に対する施肥量に換算するための肥効率を算出する。

注3) 施用当年のみを補正の対象とする。

注4) OG採草地に対するスラリー施用時期の補正はたい肥に準ずる。

(根釧農試ら2004b)

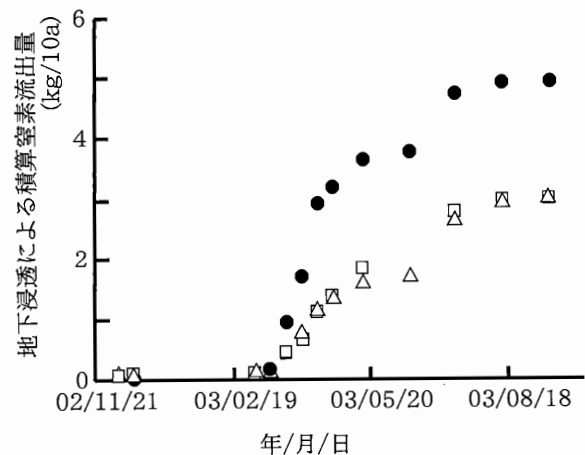


図3 裸地に対するスラリーの施用時期が地下浸透による窒素の流出に及ぼす影響

●, 初冬施用, □, 春施用, △, 化学肥料標準量(春施用)

(渡部ら2006)

設定されている(表4, 根釧農試ら, 2004b). 飼料用トウモロコシの収穫後は裸地となるので, スラリーを秋施用すると多くの窒素が地下に浸透する(図3). それゆえ, 飼料用トウモロコシ収穫跡地へのスラリーの秋施用は控えるよう指導されている(渡部ら, 2006).

こうして, 不必要な肥料養分を農地に置かないようにすることが, 地下浸透対策の最も基本的な対策となる. さらにこのことは, 以降に述べる表面流去対策とガス揮散対策の前提になる.

2) 表面流出対策と緩衝帯研究

降雨時や融雪時, 地面にしみ込みきれずに地表面を流れていく水によって土砂や養分が河川などに流出することを表面流出という.

従来, 草地の表面流出については, 傾斜草地の土砂流亡対策として研究されてきた. 傾斜草地における土壌侵食は, 傾斜が急で植物による被食割合が少ないほど(石田ら, 1980), また, 地上部草量の少ないほど(及川ら, 1981)大量に発生しやすいことが知られている. これに対し, 表面流出水に溶解した肥料養分の流出については, 加甲ら(1977)の報告等があるものの, 検討例は少ない.

酒井ら(2002a)は非積雪期と融雪期で表面流出の様式が異なることを明らかにした. 積雪のない4月~12月では養分濃度の比較的濃い水が少量, 融雪期の3月には濃度の薄い水が大量に流出する. 融雪期の期間は短い, 流出水量がきわめて多いので, この間に流出する養分量が年間の6-9割を占める. したがって, 秋の集中的なふん尿散布は避けることが望ましい(根釧農試ら, 2004a).

表面流出対策の一環として, 圃場の周縁部や河川の周囲に林帯などの植生を配置することがある. これを緩衝帯という. 緩衝帯の機能はひとつではない.

(1) 圃場と水系との隔絶を図る機能

施肥, ふん尿散布時に肥料やふん尿が直接水系に流入しないよう, 物理的な距離を確保する. 北海道では, 圃場の境界から10m程度離れて作業することを推奨している(北海道立農業・畜産試験場家畜ふん尿プロジェクト研究チーム, 2005).

(2) 表面流出水の濃度を低減する機能

無施肥で管理する緩衝帯草地の設置により, 草地における表面流出水の全窒素濃度が低下することが示されている. ただし, この機能は大量の流出水が発生する融雪期には期待できない(酒井ら, 2002b).

(3) 浸透濾過機能

草地酪農地域における排水路と小河川沿いに幅約30mで林帯が設置されると, 降雨時に表面流が林帯で浸透し, 流出水中の全窒素と全リンをおおむね20%低減することが観測されている. ただし, この機能は土壌凍結時には期待できない(北海道開発土木研究所・根釧農試, 2003).

(4) 地下水の浄化機能

北海道農業研究センターにおいて, 標準の2倍の窒素施肥量で管理する飼料用トウモロコシ畑に, 林地および採草地を隣接させた. 地下水位は2m以浅であり, 飼料用トウモロコシ畑が上流側に, 林地, 採草地が下流側に配置された. このとき, 畑地側から20数mg/Lに達する高濃度の硝酸態窒素を含む地下水が, 林地-採草地の地下を約20m流下する間に, 硝酸態窒素濃度は10mg/L以下に低下した. この濃度低下の1/4~1/2は希釈に由来すると評価された(早川・金澤, 2004).

緩衝帯はこのように複数の異なる機能を有する. 今後, これらの特性を体系的に整理し, 各特性を活かした設置法の指針を明らかにする必要がある.

3) 揮散量の削減対策

表5 飼料用トウモロコシ畑におけるふん尿の窒素肥効率 (単位: kg/kg)

種類	施用時期	全窒素	アンモニウム態窒素
堆肥	秋	0.12	—
	春	0.20	—
スラリー	春	0.40	0.70*

*アンモニア態窒素が全窒素の6割以上を占める時
(根釧農試ら2004b)

(1) アンモニア揮散

家畜ふんと尿の液状混合物であるスラリーは, 肥料効果の高い有機物であるが, 現状では図4のように散布するので, 散布時にアンモニアの揮散と悪臭の発生を伴う. スラリー施用時のアンモニア揮散量はスラ



図4 慣行のスラリー散布法



図5 スラリーの浅層注入法

リー中に含まれるアンモニウム態窒素の20-40%とされている(斉藤ら, 1989)。現在, スラリー施用時のアンモニア揮散対策として, 地表面に浅く溝を切り, その中にスラリーを注入する(図5)など, いくつかの施用法が提示されている。これにより, 揮散量が削減され(長田, 1996), 肥料効果も向上すると期待される。しかし, アンモニア揮散量を低減する土中注入方式は, 後述する温室効果ガスである亜酸化窒素の発生を助長することが知られている(渋谷ら, 1994)。

(2) 温室効果ガス

農地から発生する温室効果ガスとしては亜酸化窒素とメタンが注目される。気候変動枠組条約・京都議定書に示される温室効果ガス削減目標に向け, 草地から発生する亜酸化窒素の実態が調査されている。

草地では渋谷ら(1995)が草地試験場内で得られた試験結果に基づき, 化学肥料, 放牧牛ふん尿, スラリー等からの亜酸化窒素およびメタンの排出係数を提案し(表6), MORI *et al.* (2005)が各フラックスに及ぼす草種の影響を考察しているが, 北海道の草地における測定例は希少である。

根釧農試では, 道東火山性土に立地するチモシー採草地において亜酸化窒素およびメタンの発生量を観測している。これまでに, 亜酸化窒素の発生フラックスは窒素施用後および牧草収穫後に高まること, 窒素施肥量やマメ科牧草混生割合の多い草地ほど高い値を示すことなどを確認した(甲田ら, 2002)。また, これらの発生要因として気温, 土壤水分, 土壤中の無機態窒素含量などに注目した解析も行っている(根釧農試, 2004a)。現在は, 気温や土壤水分などの環境因子, 経過年数, 草種構成, 施肥管理などの管理来歴に注目し, 温室効果ガスの発生について, モデル解析を活用した広域評価への研究展開を図りつつある。一方, 亜酸化

窒素発生抑制技術のため, 施肥時期, 施肥配分, 肥料の種類などについても検討が進んでいる(甲田・三枝, 2005)。

4) 浄化対策

これまで述べてきた対策技術はいずれも, 農地からの環境負荷物質の発生を低減する技術である。しかし, 開放系である農地で環境負荷を全く発生させないことは困難である。したがって, 環境負荷の低減対策とともに, 流出した養分の回収・浄化技術をも検討しておく必要がある。

畜産分野における浄化技術研究の一例として, 土壌の自然浄化能を活用した水質浄化研究がある(井上・斉木, 1982a,b; 原田・相田, 1989)。北海道でもその活用が期待され, 表面流去型人工湿地による施設排水の浄化対策が検討されている(木場ら, 2005; 根釧農試, 2004b)。最近ではヨーロッパで普及しつつある伏流式人工湿地の導入についても検討が開始された(加藤ら, 2004)。これらは現在, いずれも点源汚染対策として施設排水の浄化を目指している。しかし, 湿地の浄化能は, 面源汚染対策としても, 前述した緩衝帯とともに有効性が期待される。面源汚染対策としての人工湿地には, ピオトープとしての側面もあり(中央農試, 2004b), 多面的な評価が必要である。

4. まとめ

以上のように, 北海道の家畜生産を持続的に発展させるための環境管理研究が, 現在も精力的に推進されている。地下浸透や表面流出に起因する水質汚染の対策, 悪臭・温室効果ガス等による大気汚染の対策はいずれも重要である。しかし, いずれの対策を優先するかについては, 現在それらの環境影響を同一の評価軸で論議することが困難であるため, 判断が難しい。LCA

表6 草地及び家畜ふん尿に関係したCH₄、N₂Oの排出係数

	中央値 ()は範囲	単位
N₂O排出係数		
草地 ¹⁾	47.4 (22.1 ~ 72.7)	N ₂ O-N mg/m ² /yr
窒素肥料 ²⁾	0.6 (0.2 ~ 1.0)	N ₂ O-N %/N施用量
放牧牛ふん ³⁾	0.06 (0.01 ~ 0.11)	N ₂ O-N %/T-N
尿	0.37 (0.11 ~ 0.62)	N ₂ O-N %/T-N
スラリー	0.18 (0.09 ~ 0.26)	N ₂ O-N %/T-N
放牧牛	0.32 (0.09 ~ 0.55)	N ₂ O-N g/頭/day
CH₄排出係数		
草地 ¹⁾	-106.8 (-56.6 ~ -157.0)	CH ₄ -C mg/m ² /yr
放牧牛ふん	0.20 (0.09 ~ 0.30)	CH ₄ -C %/T-C
スラリー	0.14 (0.06 ~ 0.21)	CH ₄ -C %/T-C
放牧牛	2.75 (0.85 ~ 4.65)	CH ₄ -C g/頭/day

1) 無施肥草地における372日間の実測値から算出した。

2) アンモニア性窒素47%、尿素性窒素53%

3) 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

(渋谷ら1995)

等の考え方はこれを科学的に評価するために有力と期待されるが、当面は、社会情勢や地域の事情等を総合的に判断し、地域ごとに優先順位を合意して、現実的な対策から順に講じていくことが重要と思われる。

実際の酪農地帯において、上記の改善対策を講ずる場合には、流域、地域の酪農家が一体となり、地域ぐるみで取り組むことが重要である。三枝ら(2005)は、様々な環境対策に誰でも取り組めるよう、地域の農家を技術的・労力的に支援する農家支援組織の必要性を指摘した。現在、道立農業・畜産試験場は、地域の農協、役場、作業請負機関(コントラクタ、利用組合等)が効率的に農家支援体制を組織、運営していただけるよう、技術的な支援活動を開始している(酒井ら, 2005)。

このような現場に対応した実証的普及活動の中で、前述の試験研究成果を活用していくことが、現場の酪農地帯における環境保全対策の実践に結びつくものと期待される。

文 献

- 北海道開発土木研究所・北海道立根釧農試(2003)北海道東部の草地酪農地帯における林帯の水質浄化機能。平成15年普及奨励並びに指導参考事項。243-245。北海道農政部。札幌。
- 原田靖生・相田徳二郎(1989)土壌の浄化機能活用による汚水の処理。農業および園芸。64(7):833-840。
- 早川嘉彦・金澤健二(2004)地下水中硝酸態窒素浄化能からみた林地緩衝帯の必要幅。平成15年度研究成果情報北海道農業。148-149。北海道農業試験研究推進会議。札幌。
- 北海道立中央農業試験場(2004a)河川水の窒素汚染軽減に向けた農地の窒素収支改善策。平成16年普及奨励並びに指導参考事項。261-263。北海道農政部。札幌。
- 北海道立中央農業試験場(2004b)休耕田を活用した湿地ビオトープの生物生息空間および水質浄化機能の評価。平成16年普及奨励並びに指導参考事項。254-256。北海道農政部。札幌。
- 北海道立農業・畜産試験場家畜ふん尿プロジェクト研究チーム(2005)環境に配慮した畜産農場経営を目指して。1-40。北海道立畜産試験場。新得。
- 北海道立根釧農業試験場(1985)根釧地方の混播採草地における乳牛液状きゅう肥の効率的施用法。昭和60年普及奨励並びに指導参考事項。331-334。北海道農政部。札幌。
- 北海道立根釧農業試験場(2004a)北海道東部の採草地における亜酸化窒素およびメタンの発生要因。平成16年普及奨励並びに指導参考事項。558-559。北海道農政部。札幌。
- 北海道立根釧農業試験場(2004b)酪農雑排水浄化のための人工湿地(酸化池)モデル。平成16年普及奨励並びに指導参考事項。269-271。北海道農政部。札幌。
- 北海道立根釧農業試験場。天北農業試験場。畜産試験場(2004a)土地利用型酪農・畜産地域における河川水養分負荷の実態と軽減対策。平成16年普及奨励並びに指導参考事項。81-83。北海道農政部。札幌。
- 北海道立根釧農業試験場。天北農業試験場。畜産試験場(2004b)牧草・飼料作物に対するふん尿主体施肥設計法。平成16年普及奨励並びに指導参考事項。37-39。北海道農政部。札幌。
- 北海道立天北農業試験場(1988)鉍質土草地における施用堆肥の窒素評価。昭和63年普及奨励並びに指導参考事項。402-405。北海道農政部。札幌。
- 北海道立天北農業試験場(2002)ライシメーター法による環境に配慮した草地更新時たい肥施用量。平成14年普及奨励並びに指導参考事項。208-210。北海道農政部。札幌。
- 北海道立天北農業試験場。根釧農業試験場(2003)草地更新時におけるたい肥施用限界量。平成15年普及奨励並びに指導参考事項。108-111。北海道農政部。札幌。
- 井上重美・斉木孝(1982a)畜舎排水の土壌・植物濾床による浄化の実用化技術(1)。畜産の研究。36:423-428。
- 井上重美・斉木孝(1982b)畜舎排水の土壌・植物濾床による浄化の実用化技術(2)。畜産の研究。36:539-544。
- 井上京・山本忠男・長澤徹明(1999)北海道東部浜中地区における流域の土地利用と河川水質。農業土木学会論文集。200:85-92。
- 石田良作・西村格・須山哲男(1980)草地の造成と開発計画に関する研究V。傾斜草地における土壌侵食の2・3の問題点。草地試験場研究報告。17:1-10。
- 加甲艶照・小田日出夫・豊田広三(1977)傾斜草地の土壌保全に関する研究III。傾斜草地の造成。定着過程における土壌侵食。草地試験場研究報告。10:135-145。
- 加藤邦彦・森岡理紀・細川弘史・金澤健二・長田隆(2004)伏流式参加的的人工湿地によるパーラー排水処理試験—畜産排水処理のための伏流式人工湿地に用いるべき材料の検討—。土肥誌要旨集。51:243。
- 木場稔信・三枝俊哉・松本武彦・三木直倫・寶示戸雅之(2002)火山性土における草地更新時の堆肥施用限界量。2002年度日本土壌肥料学会北海道支部秋季大会講演要旨集:11。
- 木場稔信・三木直倫・三枝俊哉(2005)牛舎排水浄化のための表面流去型人工湿地モデル。土肥誌講演要旨集。51:243。
- 甲田裕幸・宝示戸雅之・三木直倫・三枝俊哉(2002)根

- 鉋地方のチモシー採草地における亜酸化窒素ガスフラックスの年次変化. 土肥誌講演要旨集, 48:198.
- 甲田裕幸・宝示戸雅之・三木直倫・三枝俊哉(2005)1番草収穫後の窒素施肥量がチモシー採草地の亜酸化窒素発生量に与える影響. 土肥誌講演要旨集, 51:246.
- 松本武彦・宝示戸雅之(2005)チモシー単播草地に施用した乳牛スラリーの化学成分変動に対応した窒素肥効の評価. 土肥誌, 76:253-259.
- 松本武彦・田村忠・中辻敏朗・木曾誠二・三木直倫・宝示戸雅之(2002):乳牛糞尿処理物の肥料成分含量の簡易な推定法. 土肥誌, 73:169-173.
- 松中照夫・小関純一・近藤熙(1990)根鉋地方の混播採草地における液状きゅう肥施用に伴う減肥可能量. 北農, 57:71-77.
- 三木直倫(1993)寒冷地における草地土壌の有機物並びに窒素の経年的動態とそれに基づく窒素施肥管理法に関する研究. 北海道立農業試験場報告, 79:1-98.
- MORI A., M. HOJITO, H. KONDO, H. MATSUNAMI and D. SCHOLEFIELD(2005)Effect of Plant Species on CH₄ and N₂O Fluxes from a Volcanic Grassland Soil in Nasu. Japan. Soil Sci. plant Nutr., 51(1):19-27.
- 宗岡寿美・長澤徹明・井上京・山本忠男(2000)北海道の酪農流域河川における窒素流出と水質保全. 農業土木学会誌, 68(3):217-220.
- 及川棟雄・加甲艶照・豊田広三(1981):山地傾斜地の環境保全に関する研究第13報草量が表面流出水及び流亡土量に及ぼす影響. 日草誌, 27(別):247-248.
- 岡澤宏・長澤徹明・井上京・山本忠男(2001)北海道南西部の農林地流域における降雨時の河川水質環境. 農業土木学会論文集, 211:35-42.
- 大村邦男(1994)北海道中央部の農耕地における栄養塩類の流出特性. 土肥誌, 65:187-189
- 長田隆(1996)海外のふん尿処理・利用 オランダ. 畜産の研究, 50:623-627.
- 三枝俊哉・松本武彦・三木直倫・寶示戸雅之・大塚省吾・岡元英樹・二門世・奥村正敏・木曾誠二・渡部敢・田村忠・阿部英則・前田善夫(2005a):チモシー草地におけるふん尿主体施肥設計法1. 乳牛スラリーおよび尿の基準肥効率. 北農, 72:3-10.
- 三枝俊哉・松本武彦・三木直倫・寶示戸雅之・大塚省吾・岡元英樹・二門世・奥村正敏・木曾誠二・渡部敢・田村忠・阿部英則・前田善夫(2005b):チモシー草地におけるふん尿主体施肥設計法2. 乳牛堆肥の基準肥効率. 北農, 72:214-223.
- 三枝俊哉・松本武彦・三木直倫・寶示戸雅之・大塚省吾・岡元英樹・二門世・奥村正敏・木曾誠二・渡部敢・田村忠・阿部英則・前田善夫(2005c):チモシー草地におけるふん尿主体施肥設計法3. 窒素の基準肥効率に対する施用時期と品質の補正係数. 北農, 72:341-350.
- 三枝俊哉・松本武彦・三木直倫・寶示戸雅之・大塚省吾・岡元英樹・二門世・奥村正敏・木曾誠二・渡部敢・田村忠・阿部英則・前田善夫(2006):チモシー草地におけるふん尿主体施肥設計法4. 化学肥料の併用方法. 北農, 73:35-41.
- 三枝俊哉・門傳幸人・山川政明・小関忠雄(2005)酪農地帯における流域単位の環境改善. 1. ふん尿主体施肥の現地導入対策. 北海道草地研究会報, 39:35.
- 三枝俊哉・能代昌雄(1994):根鉋地方の火山灰草地に表面施用された堆肥による窒素減肥可能量. 北農, 61:53-59.
- 斎藤元也・木村武・倉島健次(1989)圃場還元液状きゅう肥からのアンモニア揮散量の推定と酸添加による揮散の低減法. 草地試験場研究報告, 41:1-9.
- 酒井治・原仁・三枝俊哉(2005)酪農地帯における流域単位の環境改善. 2. 農家支援体制の組織化と初年目の活動. 北海道草地研究会報, 39:36.
- 酒井治・宝示戸雅之・三木直倫・三枝俊哉(2002a)根鉋傾斜草地における融雪時の表面流出水にともなう養分表面流出. 土肥誌講演要旨集, 48:197.
- 酒井治・宝示戸雅之・三木直倫・三枝俊哉(2002b)根鉋傾斜草地における緩衝帯草地の養分表面流出低減効果. 2002年度日本土壌肥料学会北海道支部秋季大会講演要旨集:22.
- 渋谷岳・木村武・山本克巳・野中邦彦(1994)牛液状きゅう肥の土壌施用に伴う温室効果微量ガスの発生. 草地飼料作研究成果最新情報, 9:35-36.
- 渋谷岳・木村武・山本克巳・野中邦彦(1995)草地における温室効果微量ガスの排出係数. 草地飼料作研究成果最新情報, 10:41-42.
- 志村もと子・田淵俊雄(1997)養牛地域における畜産と河川水窒素濃度との関係—畜産主体の集水域における窒素流出に関する研究(IV)—. 農業土木学会論文集, 189:45-50.
- 渡部敢・湊啓子・田村忠・阿部英則(2006)飼料用トウモロコシにおけるふん尿主体施肥設計法. 日草誌, 52(別)掲載予定.

「家畜生産と環境保全」のフロアから

島本 東京農大の島本と申します。表面流水の対策としての河畔林の効果をお示しいただきましたが、河畔林は浸透物が河川へ流れる際のフィルター作用として作用するという解釈は成り立ちませんか？河畔林が流れてきたものを直接、物理的に止めるとは考え辛いのですが。

三枝 表面流で流れ出す養分は年間施容量の数パーセントなので、表面の物だけで負荷が起こっている訳ではありません。ただ濃度の濃い物はそのまま出ていく事がありますので、あのような対策は有効なのですが、表面流を遮断する効果だけで水質の変化が起こっている訳ではありません。地下浸透とかが過といった影響が複合して起こっている効果です。

矢野 京大の矢野と申します。今後、北海道は乳牛だけでなく肉牛も増加して行くと思いますが、北海道における糞尿の土地への還元の視点から畑なり草地なりにどのくらい処理能力が残されているか、教えて下さい。

三枝 十勝などの場合には、既に酪農家だけでは糞尿処理しきれませんが、その土地毎に耕畜連携を考えていけば大体収支が取れるような割合になっています。しかし、それは大分地域によっても違うと思いますし、あまり楽観は出来ないと思います。