

排出実態調査に基づく 牛ふん尿の適正管理方法の提案 — 窒素土壌還元量推定と地下水汚染評価 —

土屋 翔¹・古市 徹²・石井 一英³・金 相烈⁴

¹非会員 北海道大学修士 大学院工学院 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: tsuchiya@kanri-er.eng.hokudai.ac.jp

²正会員 北海道大学教授 大学院工学研究院 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: t-furu@eng.hokudai.ac.jp

³正会員 北海道大学准教授 大学院工学研究院 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: k-ishii@eng.hokudai.ac.jp

⁴非会員 北海道大学助教 大学院工学研究院 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: sykim@eng.hokudai.ac.jp

北海道では産業廃棄物の家畜ふん尿19,909千t/年の内、95%の18,913千/年が統計上、再生利用されている。しかし統計値では「草地還元量=再生利用量」とし、実際のふん尿の発生量や堆肥の散布量は考慮されていないため、再生利用率は実態を正しく反映しているとは言えない。そこで本研究では、現地調査を通して牛ふん尿排出から堆肥散布までのマスバランスの実態を把握した。また、代表的な酪農モデルを設定し窒素の有効利用の観点から、牛ふん堆肥のより実態を踏まえた再生利用率を推定すると共に、数値シミュレーションにより地下水汚染評価を行った。そして、最後に牛ふん尿の適正な管理方法の考察を行った。

Key Words : amount of cattle manure generation, massbalance of nitrogen, recycling ratio, ground water pollution

1. 序論

(1) 研究背景

北海道の産業廃棄物の約半分 (53%) は動物のふん尿 (家畜ふん尿) であり、それはおよそ 2000 万 t にものぼる (H19 年度)¹⁾。家畜ふん尿は産業廃棄物であるが、窒素やリン、エネルギー源などの資源が多く含まれており、加えて栄養豊富で微生物が活動し易い成分のため、適切な発酵処理で良質な堆肥やエネルギーを容易に得ることができ、廃棄物系バイオマスとしての有効利用が望まれている。

家畜ふん尿の有効利用法としては、堆肥化が主要技術であり、その目的は「良質な堆肥を土壌改良材や、窒素、リンなどの肥料成分として農地に還元する」ことである。

現在、北海道ベースでみると、産業廃棄物として排出されている家畜ふん尿 19,909 千 t/年のうち、

95%にあたる 18,913 千 t/年が「統計上」主に堆肥として再生利用されている (H19 年度)¹⁾。この限りにおいて、ほとんどの家畜ふん尿は再生利用されていると考えられるが、必ずしもそうではない。これはあくまで「統計上」のデータであり、実際には近年の畜産経営の大規模化、地域偏在の進展に伴い、飼養頭数とそれらの排せつ物を施用すべき農地面積との間の需給バランスが崩壊し、実際には処理に窮したふん尿を堆肥と称してやむを得ず草地に還元するなど、リサイクルの質に関しては問題があるのが現状であり、適正な再生利用が行われているとは限らない。

また、資源化の過程で与える環境影響については数値モデル等を使用して明らかにされてきた部分が多いものの、その評価の前提となる発生源のデータ (ふん尿の発生量、堆肥の散布量) そのものに関し

ては不鮮明な部分が多い。なぜなら、現在の統計値の集計方法では、排出原単位の幅や敷料の混在、堆肥生産過程での重量変化が考慮されておらず、単に「草地還元量=再生利用量」とされているのが実情であり、家畜ふん尿の実際のマスバランス（発生→貯留（堆肥化）→草地散布の全ての過程を通じた物質収支）を反映しているとは言えないからである。

(2) 研究目的

- ①現地調査を通して牛ふん尿排出から堆肥化後までのマスバランスの実態を把握する。
- ②調査結果を用いて、代表的な酪農モデルを設定し窒素の有効利用の観点から、牛ふん尿の再生利用率を推定すると共に数値シミュレーションにより地下水汚染評価を行う。
- ③以上を踏まえて牛ふん尿の適正な管理方法の考察を行う。

2. 北海道の牛ふん尿管理の現状

(1) 牛ふん尿のバイオマス利用とその課題

現在、家畜ふん尿の利用法としては、堆肥化が主流である。堆肥舎に家畜ふん尿を保管し、定期的に切り返しながらか、春と秋に自己保有の草地に還元するのが一般的である。堆肥舎内での堆肥の管理方法、例えば、堆肥の熟成期間や切り返しの有無などは、農家によってまちまちである。このような家畜ふん尿の家畜ふん尿の管理状況の違いにより、草地還元する際の堆肥の質も大きく異なると考えられる。堆肥舎において保管できる家畜ふん尿の容量は、一般的に6ヵ月分が限度であり、6ヵ月を超過し、他の保管場所が確保できない場合は、6ヶ月間保管した堆肥を草地へ散布、あるいは屋外へ移動せざるをえない。

家畜ふん尿は有効に再生利用されているというのが、統計上の解釈であるが、現状の家畜ふん尿の堆肥化としての再生利用に関する質に関して、以下のような問題があげられる。

- ①切り返しや含水率などの堆肥としてのふん尿管理が不十分である。
- ②面積や作物の種類などによって決定される施肥量にくらべて、過剰な量の堆肥が散布され、さらにそれがリサイクルとして認識されている。
- ③堆肥に含まれている窒素成分を考慮せずに、化学肥料等が散布される。

(2) 牛ふん尿による地下水環境汚染

家畜ふん尿に起因する水質汚染、とくに地下水汚染については硝酸態窒素による汚染の問題が大きい。ふん尿に含まれる窒素は主としてアンモニア態と有機態であるが、有機態窒素の一部は比較的速やかに無機化されてアンモニア態窒素に変化する。アンモニア態窒素は土壌に吸着されるが、土壌中に生息する硝化菌の働きで硝酸態窒素に変化する。硝酸性窒素は移動しやすいので、地下水汚染につながりやすい。

(3) 牛ふん尿の再生利用に関する統計値上の課題

家畜ふん尿に関する統計値が、毎年環境部局と農政部局から報告されている。例えば北海道の環境部局では、産業廃棄物として1000t/年（おおむね50頭）以上、家畜ふん尿を排出する農家を対象に報告がなされ、農政部局では、法律に基づいて10頭以上飼育の農家（ほとんど全て）を対象に報告が行われている。排出されたふん量は、両部局間で多少区分が異なるものの、共に家畜の種類別頭数に1頭当たりの排せつ物量（原単位）を乗じて算出されている。しかし本来、牛ふん排出原単位は、営農形態で大きく変動することが知られているので、排出量のデータとして、正確ではない場合も考えられる。

また、環境部局と農政部局の報告すべき項目の違いは、例えば、環境部局の報告ではふん尿排出量と散布堆肥量を同じ値で申告することになっているが、実際には数量の混在や堆肥化過程における重量の変化が考慮されるべきである。一方、農政部局では、排出量と堆肥の散布量は別々に報告することになっているが、成分分析の内容と還元面積当たりの堆肥散布量の報告がないため、窒素をはじめとした肥効成分の投入量が不明で、肥料としての位置づけも定かではない。

3. 牛ふん尿排出実態調査

(1) 調査内容

現地調査を通しての牛ふん尿排出から堆肥化後までのマスバランスの実態を把握するため、営農状況の異なる2件（S牧場、I牧場）の酪農上にて、調査を行った。調査内容は主に、
①数量混在によるふん尿排出量の増加率を確かめる
②堆肥化過程での重量変化率を測定する
③堆肥のサンプルを採取し、成分の分析を行うことである。

(2) 対象酪農家の営農状況

a) S 牧場の営農状況

飼養家畜は全て乳牛で、その内訳は搾乳牛 34 頭、乾乳牛 1 頭、未経産牛 2 頭、育成牛 2 頭である。年間での飼養形態として、5/15～10/31 のおよそ 165 日間は自家の牧草地にて放牧がおこなわれ、排出されたふん尿は全て牧草地へそのまま吸収される。11/1～5/14 のおよそ 195 日間は、牛舎で管理され、排出されたふん尿は堆肥舎で保管し、定期的に切り返しながら、その後 2 年間熟成させた後、自己所有の草地に還元している。

b) I 牧場の営農状況

S 牧場同様、飼養家畜は全て乳牛で、その内訳は搾乳牛 60 頭、育成牛 20 頭である。年間を通じて牛舎で管理され、排出されたふん尿は、堆肥舎で切り返しせずに保管され、6 ヶ月間熟成されたのち、自家のサイレージ用とうもろこし（デントコーン）畑に還元している。

(3) 調査方法

- ①牛舎から一度に排出されるふん尿の量を把握する。
この際、ふん尿には數量が混ざっているため、數量の使用による重量増加分も推定する。
- ②排出の頻度を調査することで、排出されたふん尿量の算出を行う。
- ③散布する堆肥、あるいは堆肥舎から移動する堆肥量を測定する。また、「排出されたふん尿量」から「生産された堆肥量」を差し引きし、堆肥化過程での減少量を求める。
- ④サンプルを持ち帰って含水量、窒素含有量などを測定する。

(4) 牛ふん排出実態調査の結果

a) S 牧場での調査結果

牛は、24 時間ほとんど寝ないとのことなので 1 日における排出ペースは一定と仮定した。S 牧場における 1 日あたりの排出量を算出した結果、およそ 1.8 t/日となった。一方、排出原単位から 1 日のふん排出量を算出したところ、1.67 t/日となり、數量混在による重量の増加率は 7.8%と推定された。また、放牧期間を除く 180 日間では、約 360t のふん排出となった。

平成 20 年 11 月 1 日～平成 21 年 5 月排出分（ふんのみ）が 2 つの山に積まれていたので、体積と比重より全重量を測定した結果、およそ 174 t となった。これより、排出された 360 t の牛ふんが 2 年間の熟成の後 174 t となったので、2 年間経過した堆肥（2 年堆肥）の場合、堆肥化過程での重量減少率

表－1 現地調査及びサンプル成分分析の結果

		S	I
ふん発生量 [t/日]	原単位法	1.67	2.8
	実測値	1.8	3.0
敷料混在による重量増加率		7.8[%]	7.1[%]
堆肥化	切り返し	あり	なし
	熟成期間	2年	6ヵ月
堆肥化過程での重量減少率		52[%]	39[%]
成分分析 (乾物ベース で表示)	含水率[%]	79.5	74.7
	全窒素量[%]	2.31	1.88
	C/N比	13	18
	アンモニア性窒素[%]	<0.01	0.14
	硝酸性窒素	0.13	0.09

は約 52%と推定された。

また、2 年堆肥のサンプルを採取し、後日堆肥の成分分析を行った。

b) I 牧場での調査結果

S 牧場同様、1 日当たりの排出量を実測したところ約 3.0 t/日となり、牛ふん排出原単位²⁾から求めた場合は 2.8 t/日であった。これより、數量混在による重量増加率は 7.1%と推定された。

散布直後のため、6 ヶ月堆肥の重量を測定できなかった。また堆肥化過程における重量減少率も不明であったため、今回は文献値³⁾で補った。また、6 ヶ月熟成の堆肥（堆肥舎残り）のサンプルを採取し、後日堆肥の成分分析を行った。

c) データのまとめ

2 件の現地調査とサンプル成分分析の結果を表－1 にまとめた。なお、サンプル成分分析の結果は乾物ベースで表示されている。

4. 排出実態調査に基づく草地への窒素還元量推定

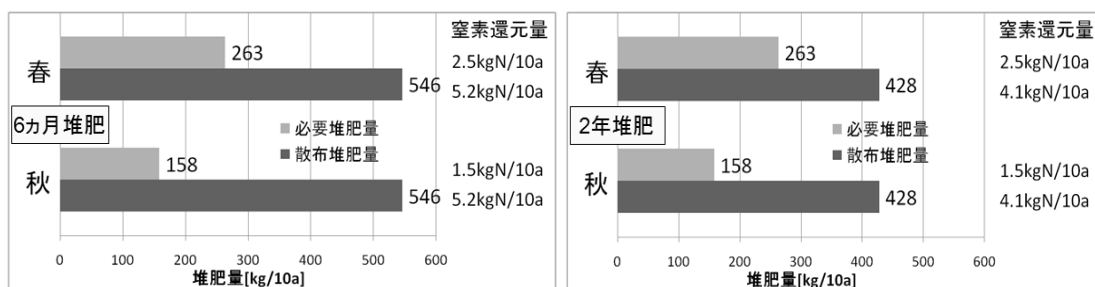
(1) 再生利用率

北海道の代表的な営農パターンを想定した酪農モデルと、排出実態調査の結果を基に、窒素土壌還元量をベースとした牛ふん尿の再生利用率を求める。その際、酪農モデルの設定に関して、窒素土壌還元量と牛ふん尿の再生利用率を求めるためのパラメータは、①牛ふん排出原単位、②飼養頭数/還元面積、③堆肥の質、④散布回数、⑤還元草地の植生とした。

(2) 北海道における代表的な酪農モデルによる窒素還元量の推定

a) 酪農モデルの設定

北海道の代表的酪農パターンを想定し、ふん尿発



図－1 窒素ベースでみた堆肥の必要量と散布量（植生1の場合）

生原単位を 45.5kg/頭/日²⁾、飼養頭数/還元草地面積を 2 頭/ha と設定した。6 ヶ月間熟成した堆肥（6 ヶ月堆肥）と 2 年間熟成した堆肥（2 年堆肥）をそれぞれマメ科率 30%以上の採草地（以下、植生 1）であり必要窒素量は、春 2.5、秋 1.5 kg-N/10a⁴⁾ である。年 2 回全量散布した場合の窒素還元量を計算し、窒素必要量を考慮した再生利用率を考えることにした。

表－2 作物・植生別の窒素施用量

		マメ科率による 植生区分	施用窒素量[kg/10a]	
			春	秋
採草地	植生 1	30%以上	2.5	1.5
	植生 2	15～30%未満	4.0	2.0
	植生 3	5～15%未満	6.0	3.6
	植生 4	5%未満	8.5	5.1
デントコーン		—	年間で16	

b) 草地への窒素還元量推定

図－1 は、植生 1 の場合の窒素必要量（春 2.5、秋 1.5 kg-N/10a）を想定した場合の 6 ヶ月堆肥と 2 年堆肥それぞれの必要堆肥量と実際の散布堆肥量を示す。このように必要堆肥量を考慮して、今、再生利用率 $R(\%)$ を、（窒素肥料として有効に機能した堆肥量）/（年間堆肥散布量） $\times 100$ で定義すると、 R は 6 ヶ月堆肥で 38.5%、2 年堆肥で 49.2%と求まった。さらに、表－1 に示した堆肥化過程での重量減少率を考慮に入れると、発生直後の牛ふんベースでの再生利用率 $R'(\%)$ は、6 ヶ月堆肥で 23.5%、2 年堆肥で 23.6%と求まった。以上より、現状の統計値である再生利用率は、窒素の必要量という観点からは、必ずしもふん尿再生利用の実態を表してはならず、過剰窒素が散布されている可能性を示唆した。

(3) 再生利用率の変化の感度解析

a) 排出原単位の幅

家畜が 1 日 1 頭あたりに排出するふん尿量を排出原単位と呼ぶが、本来、牛ふん排出原単位は、給与する飼料の質や量、家畜の生産能力や健康状態などの要因で大きく変動することが知られており、正確に把握することは困難であり、一定の幅を持たせた数値として表示されている。現在は、農林水産省の提示する 45.5[kg/頭/日]がもっとも平均的とされ、排出量の集計や堆肥舎の設計などに利用されている。今回は、この 45.5[kg/頭/日]に加え、30[kg/頭/

日]（下限値）と 50[kg/頭/日]（上限値）の 3 つの原単位を用いて議論をすすめることにした。これは、中央畜産会の「家畜ふん尿排泄量の原単位」⁵⁾における搾乳牛の排出量幅を参考に設定した。

b) 飼養頭数と草地面積

還元面積[ha]あたりの飼養頭数[頭]が、窒素還元量を推定する際の大きな目安となる。なぜなら、次に述べる堆肥の質や散布回数といった還元状況が同じであれば、窒素還元量は単純にふん尿排出量と還元する草地の面積の割合で決まるからである。今回は道内平均である 2[頭/ha]に加え、全国平均の 3[頭/ha]、さらに 1[頭/ha]の 3 通りを設定する。

c) 堆肥の質（堆肥生産プロセス）

堆肥の質（成分）は熟成期間と切り返しの有無が大きな要素となって決定する。今回は、I 牧場パターン（排出されたふん尿を 6 ヶ月切り返しせずに保管し熟成させた堆肥）と S 牧場パターン（排出されたふん尿を定期的に切り返しながら 2 年間熟成させた堆肥）の 2 つを設定する。

d) 散布回数

生産された堆肥を年 2 回（春と秋）に分けて全量、自家所有の草地に散布する場合を想定する。

e) 還元草地の植生

還元草地の植生により、堆肥散布に伴い投入された窒素の吸収量が大きくことなる。表－2 に、道の定める植生別の採草地とデントコーンの施用窒素量⁴⁾を示す。

(4) ふん尿発生量に対する再生利用率 R の変化

図-2(a)～(c)は、発生した牛ふんを 6 カ月あるいは 2 年間熟成させた後、全量自家所有の草地に春と秋に散布した場合のふん尿発生量（敷料込）/草地面積[kg/ha/日]に対する再生利用率 R を還元草地の植種別に比較したものである。

これより、R は飼養頭数/草地面積だけではなく、牛ふん排出原単位にも大きく依存することから、牧場での牛ふん発生量（敷料込み）を把握することが、適正管理には重要であると言える。また、再生利用率を向上させるためには、定期的に繰り返すことで通気性を確保し、熟成期間をながくとした堆肥を春秋年 2 回、季節別の過不足を把握した上で散布し、過剰分は堆肥舎で保管するか、他の畑へ散布する必要がある。

5. 数値シミュレーションによる地下水窒素汚染の評価

(1) COUP モデル

不飽和帯では、地域特性（土壌種類・気温・降雨など）と堆肥の質（窒素量、C/N 比）を考慮できる既存の COUP⁶⁾モデルを用いて、帯水層への硝酸性窒素フラックス量の経時変化を求めた。次に、3 次元地下水モデル（過去の現地調査により決定）上で、採草地に発生項として硝酸性窒素フラックス量を入力し、帯水層中の硝酸性窒素濃度分布を計算した。

(2) 計算条件の設定

牛ふん排出原単位 45.5[kg/頭/日]、飼養頭数/還元面積は 2[頭/ha]として、6 ヶ月堆肥と 2 年堆肥をそれぞれ植生 1 と植生 4 の採草地に年 2 回全量散布したと想定して、全 4 パターンの地下水汚染評価を行った。

(3) COUP モデルによる牧草取込量と地下水への窒素溶脱量の推定

a) COUP モデルの概要と酪農モデルの設定

COUP (Coupled Heat and Mass Transfer Model for Soil-plant-atmosphere Systems)モデルは、スウェーデンで開発された地下水窒素汚染の分野でよく使用されるモデルである。このモデルは、土壌からの窒素溶脱量の推定を行えるのはもちろんのこと、鉛直 1 次元のメッシュモデルにより土壌中の水分や

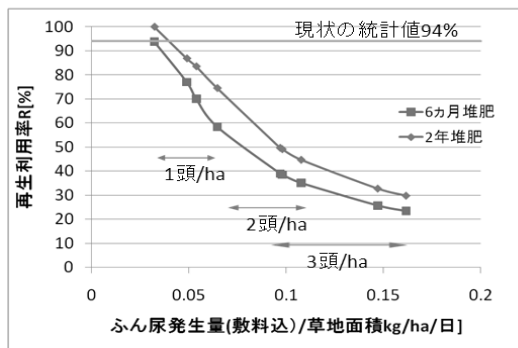


図-2(a) 牛ふん尿再生利用率(植生 1)

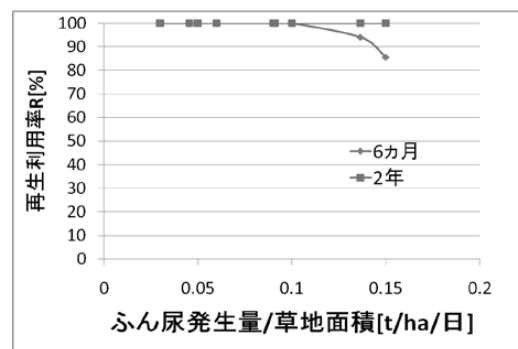


図-2(b) 牛ふん尿の再生利用率(植生 4)

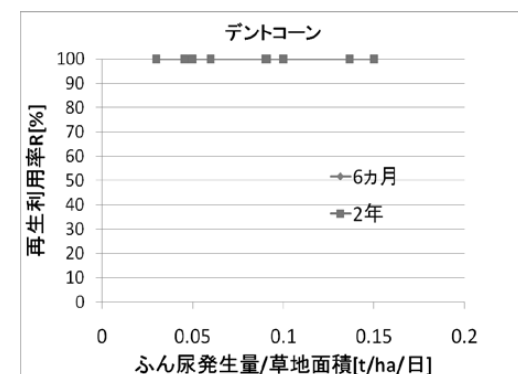
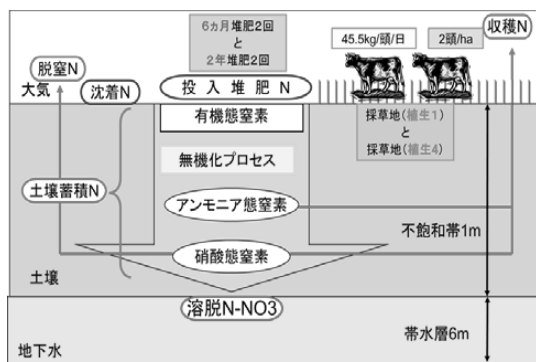


図-2(c) 牛ふん尿の再生利用率(デントコーン)

熱移動を同時に考慮している。

水分移動は、雨が降ることによって土壌中に浸透していき、各土壌層から植物に吸収されるもの、植物から蒸散するもの、土壌表面から蒸発するもの、地下水へ浸出するものを考慮に入れている。熱移動は、土壌表面の温度、つまり大気温度が大きく影響し、その熱が各土壌層内を伝わっていくものとしていいる。また、各土壌層内から外部への熱移動も考慮している(図-3)。



b) 結果と考察

COUP モデルにより計算された窒素溶脱量は単位面積あたりのものであり、4 パターンとも 10 年後にはほぼ定常状態となった。N 牧場における数値計算において、各パターンのほぼ定常状態となった 10 年目の 1 年間の窒素溶脱量の経時変化を図 4(a)～(d) に示す。

これより、どのパターンにおいても窒素溶脱量は、雪解け期間と堆肥還元後に高くなっている。牧草生育期間中の 5 月～10 月にかけては、牧草に窒素が吸収されるため、窒素溶脱量は減少すると考えられる。次に、図 4(a)～(d) の結果をみると、窒素溶脱量は 6 ヶ月堆肥-植生 1 > 2 年堆肥-植生 1 > 6 ヶ月堆肥-植生 4 > 2 年堆肥-植生 4 となった。これは、堆肥の質よりも、還元草地の植生の方が窒素用脱量に与える影響が大きいことを示している。

(4) 3 次元地下水数値シミュレーション

a) 数値シミュレーションモデルの概要

COUP モデルを用いて推定した帯水層への硝酸性窒素のフラックス量を、図 5 のような過去のヒアリング等の調査データをもとにした 3 次元地下水モデル⁷⁾上で、採草地に発生項として硝酸性窒素フラックス量を入力し、帯水層中の硝酸性窒素濃度分布を計算した。

計算領域は 2000m×1500m で帯水層の深さは 6m と設定した。1 つのグリッドの大きさを 10m×10m×2m で、この場を 200×150×3=90000 個のグリッドに分割した。牧草地面積を 400m×500m とした。シミュレーションは GMS (Groundwater Modeling System) を使用し、地下水流れについては MODFLOW、溶質移動については MT3DMS なる既存のコードを用いた。

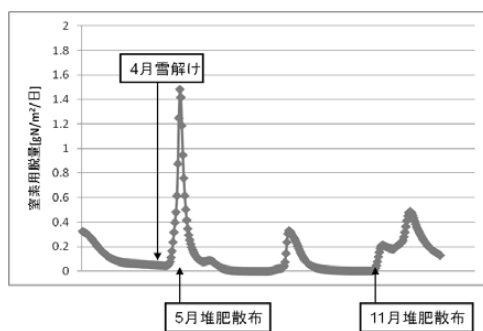


図 4-1(a) 6 ヶ月堆肥- 採草地 1 の年間窒素用脱量の推移

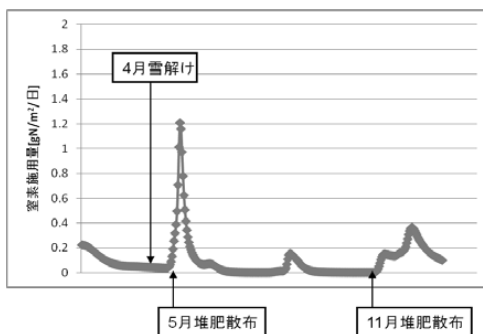


図 4(b) 2 年堆肥- 採草地 1 の年間窒素用脱量の推移

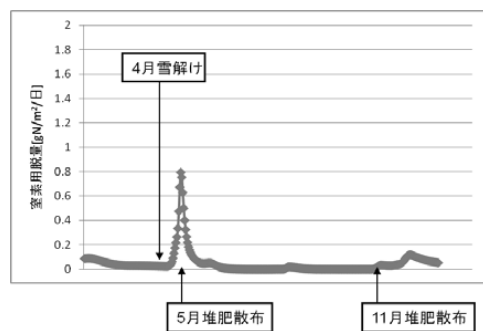


図 4(c) 6 ヶ月堆肥- 採草地 4 の年間窒素用脱量の推移

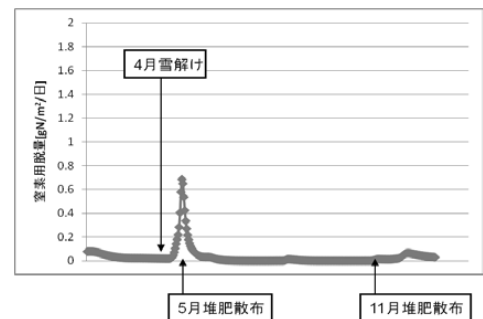


図 4(d) 2 年堆肥- 採草地 4 の年間窒素用脱量の推移

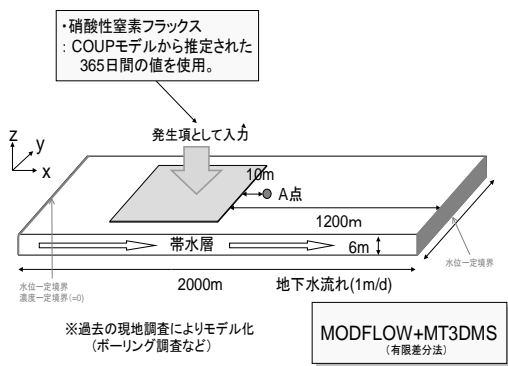


図-5 シミュレーションの概念図

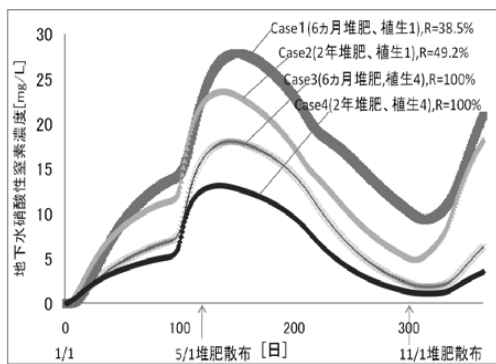


図-6 シミュレーションの概念図

b) 結果と考察

図-6 に各ケースでの A 点（深度 0～2m の帯水層）における 1 年間の地下水硝酸性窒素濃度の経時変化を表した（同時に各ケースの再生利用率 R も示す）。6 ヶ月- 採草地 1 では環境基準 10mg-N/L の約 3 倍の硝酸性窒素濃度が観測された一方で、2 年- 採草地 4 では環境基準とほぼ同レベルであることが分かった。また 6 ヶ月- 採草地 4 と 2 年- 採草地 4 は共に R=100%であるが、より熟成した堆肥を散布した 2 年- 採草地 4 の方が、地下水汚染への影響は小さく、より適正な再生利用方法であると言える。

6. 牛ふん尿の適正管理方法の考察

(1) ふん尿排出と再生利用に関する報告フォーマットの改善

ふん尿管理の実態を正確にするためには、堆肥の散布量と還元面積、成分分析に基づく窒素投入量を散布毎に報告する項目が必要である。さらに、それだけではふん尿排出後の行方不明量（野積や素掘）

のチェックも行うために、排出量（数量込）と堆肥化過程での重量変化を把握し、排出から散布直前までのマスバランスを確認することが望ましい。また、ふん尿排出量は原単位と頭数での議論ではなく、可能であれば牛舎からの排出量を一定規模で実測したものを提示させるべきであると考え。

(2) 牛ふん堆肥の適切な草地還元

牛ふん堆肥の再生利用率を向上する上で重要となるのは以下の事柄である。

- ①頭数管理（還元面積を考慮する必要がある）
- ②排出されたふん尿は、定期的に切り返し通気性を保った上で熟成期間をできるだけ長くとする。
- ③堆肥中の窒素含有量をきちんと把握した上で春と秋に分けて必要量のみ散布する。過剰分は、翌年まで保管するか近隣の耕種農家と協力して利用する。
- ④デントコーンなど、窒素吸収量の多い作物を栽培することも考慮すべき。

7. 結論と今後の課題

(1) 結論

- ①現地調査を通して牛ふん排出から堆肥化後までのマスバランスの実態を把握した。
- ②現状の再生利用率の統計値よりも低い場合が多く、統計値は必ずしもふん尿再生利用の実態を表しておらず、過剰の堆肥は単に廃棄物として処理されていることがわかった。さらに、その過剰に還元された窒素により地下水汚染を引き起こす可能性を示した。
- ③牛ふん排出原単位と頭数管理ではなく、まず各牧場での実際の牛ふん排出量を管理することが、牛ふんの適正な管理につながることを示した。

(2) 今後の課題

- ①堆肥舎のスペースの都合上、6 ヶ月以上の熟成は屋外で行うのが通例となっており、これは正確には野積であり、熟成期間中に余分な窒素が地下に浸透している可能性がある。シートで覆うことの徹底あるいは堆肥舎の増設が必要である。
- ②今回は数量の種類の違いを考慮しなかったが、数量の種類が、排出量や堆肥過程での重量減少率、堆肥の質に影響を及ぼす可能性があり、今後検討が必要である。
- ③過剰なふん尿を個人ではなく地域でまかなうための、需要の確保とネットワーク（仕組み）づくりが必要である。

謝辞

調査にご協力頂いた酪農家の方々に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 北海道(2008)：産業廃棄物の発生・処理状況（平成19年度実績）について
- 2) 環境部局：家畜排せつ物の発生量等に関する記録多量排出事業者の産業廃棄物処理計画と実施状況
- 3) 全面有孔の暗渠管を利用した切返しをしない簡易な堆肥化技術
- 4) 十勝農業改良普及センター十勝東北部支部 監訳，平成19・20年度主要農作物施肥ガイドp6, p12-14
- 5) 農文協：畜産環境大辞典[第2編]，p7, 2004
- 6) Janson P-E. and Karlberg L.: COUP manual Coupled heat and mass transfer model for soil-plant-atmosphere systems
- 7) 北海道大学大学院工学研究院循環計画研究室：環境No. 13, p118, 2010

(2011.8.8受付)

Proposal of Proper Management for Cattle Manure Based on Site Investigation - Presumption of Nitrogen Soil Reduction Amount and Evaluation of Underground water pollution -

Sho TSUCHIYA, Toru FURUICHI, Kazuei ISHII and SangYul KIM

The recycling ratio of cattle manure in statistics was 94% (the total amount of cattle manure generation is about 20 million t/year) in Hokkaido. However, since the actual amount of cow manure generation and compost applied to grass fields are not clarified properly, the reported recycling ratio does not present the realities. That is, it is necessary to consider the mass balance of nitrogen in the recycling ratio of cattle manure. In this study, the realities of the mass balance from the cattle manure generation to the application of compost were investigated through the site investigation. Moreover, an average dairy farming model was assumed, and a actual recycling ratio was determined in terms of effective use of nitrogen. Groundwater pollution evaluation was conducted by numerical simulation. In addition, based the above investigation and evaluation, a proper management method of cattle manure were discussed.