

酪農場の糞尿処理過程と飼料生産過程における窒素負荷の評価

猫本 健司²・鈴木 一好¹・長田 隆¹・干場 信司・河上 博美
大川 典子・森田 茂・松本 光司²

酪農学園大学酪農学科, 江別市 069-8501

¹独立行政法人農業技術研究機構, つくば市 305-8517

²オー・アンド・アール技研, 札幌市 065-0951

Evaluation of the nitrogen load from manure handling and
feed production in dairy farm

Kenji NEKOMOTO², Kazuyoshi SUZUKI¹, Takashi OSADA¹, Shinji HOSHIBA, Hiromi KAWAKAMI,
Noriko OKAWA, Shigeru MORITA and Koji MATSUMOTO²

Department of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Bunkyodai, Ebetsu, Hokkaido 069-8501

¹National Agricultural Research Organization, Tsukuba, Ibaraki 305-8517

²Organic & Recycled Technologies Laboratory INC., Miyanomori Chuoku, Sapporo, Hokkaido 064-0951

キーワード : 窒素負荷, 糞尿処理, 飼料生産, 酪農場

Key words : nitrogen load, manure handling, feed production, dairy farm

Abstract

Five farms having different manure handling system, two composting systems (farm A and B), two aerobic liquid treatment systems (farm C and D) and one anaerobic liquid treatment system (farm E), were investigated to understand the situation of the nitrogen load at each dairy farms. Investigating the nitrogen flow in manure handling by simple chemical analysis of the wastes, the total nitrogen load obtained by farm gate balance method was classified into two categories: nitrogen load in the process of manure handling and that of feed production.

The total nitrogen loads at farm A-E were 140, 270, 310, 220 and 120 [kgN/(ha・year)], respectively. The ratios of the nitrogen load caused by manure handling to the total nitrogen load at farm A-E were 29, 59, 16, 9 and 6%, respectively. These results show the conditions of the manure handling system would influence seriously to the situations of the nitrogen load. On the other hand, the nitrogen loads per cow caused by manure handling at farm A-E were 23, 68, 9, 11 and 4 [kgN/cow・year], respectively. From the results mentioned above, the reasons for comparatively high total nitrogen load can be said to be fully fermented composting at Farm B, high density of cows per hectre at Farm C and method of spreading composted manure at Farm D.

The analytical methods in this study can be utilized for estimating the factors related to nitrogen load without detailed investigation on nitrogen flow in a dairy farm.

要 旨

異なる糞尿管理方式をもつ5酪農場(堆肥処理×2, 曝気処理×2, 嫌気処理×1)にて, 窒素負荷量の調査を行った。家畜糞尿の化学分析を実施することに

よって, ファーム・ゲート・バランス法で算出した酪農場全体の窒素負荷量を, 糞尿処理過程で発生したものと, 飼料生産過程から発生したものとに分類し, それぞれ比較評価を行った。各酪農場の全体から発生した単位面積あたりの窒素負荷量は, A~E酪農場の順にそれぞれ140, 270, 310, 220, 120[kgN/(ha・year)]となり, そのうち, 糞尿処理過程で発生した窒素負荷

量の割合は、同、29, 59, 16, 9, 6%となった。このことから、糞尿管理方式は窒素負荷量の増減に大いに影響することが示唆された。一方、糞尿処理過程で発生した窒素負荷量を1頭あたりでみると、A～E酪農場の順にそれぞれ23, 68, 9, 11, 4 [kgN/(cow・year)]であった。これらの結果からみて、B酪農場では堆肥処理が、C酪農場では飼養密度の高さが、D酪農場では糞尿の使い方が、それぞれ窒素負荷量を高めた原因として考えることができた。

本研究の手法により、酪農場内にて厳密な窒素収支の調査を行うことなく、窒素負荷の発生要因をおおまかに捉えることが可能となり、環境負荷の原因やその対策を考える上での一助になると思われた。

緒 言

近年、日本の畜産は輸入穀物飼料を大量に消費し、それにともない家畜糞尿による様々な汚染の問題が露呈している。環境問題に対する関心の高まりもあって、酪農生産においても物質収支や窒素負荷等に関する研究を進め、対策を講じることが急務である。

窒素負荷量を求める一手法であり、EU諸国で用いられるファーム・ゲート・バランス法(オランダ農水環境省, 2001)は、系の外部から投入された窒素量から、生産物として系の外部へ流出する窒素量を差し引くもので、データが揃えば比較的容易に窒素負荷量を算出できる。干場ら(2001)はファーム・ゲート・バランス法に類似した手法で、一町村のすべての酪農場における窒素負荷量の算定を試みている。しかし、この方法では、酪農場内部における窒素負荷の発生原因を把握しづらいことが指摘できる。

一方、MATSUMURA(1999)や松中(2001)は、特定の酪農場内における窒素の収支を項目毎に細かく調

査し、細部に至る基礎数値を提供している。これらのデータからみて酪農場では、主に糞尿処理と飼料生産に関わる窒素の収支が、窒素負荷量に大きく影響することが推察できる。しかしながら、窒素の収支の調査には相当の労力を要するため、調査事例は少ないのが現状である。

そこで、本研究では、より多くの事例において、窒素負荷量とそのおおまかな発生要因を把握するために、ファーム・ゲート・バランス法に準じた手法と糞尿処理に関係した簡易な分析から、酪農場全体の窒素負荷量を、糞尿処理過程で生じたものと、飼料生産過程で生じたものとに分類して定量する方法を提案し、その適用例を紹介する。

方 法

調査対象酪農場

北海道の石狩管内と十勝管内に位置する、異なる糞尿管理方式をもつ5酪農場を調査対象とした。各酪農場の経営概要と糞尿管理方式をFig. 1に示す。

D酪農場のみ繋ぎ飼い飼養であり、他の4酪農場はすべてフリーストール飼養である。糞尿処理に関しては、A酪農場とB酪農場は糞尿の全量を堆肥化し、B酪農場はハウス攪拌乾燥装置を備えている。C酪農場では固液分離した液分を、D酪農場では糞尿分離した液分をそれぞれ曝気処理している。E酪農場では全ての家畜糞尿をバイオガスプラントにて嫌気処理している。耕地面積あたりの飼養頭数(以下、飼養密度と記す)は、C酪農場が5.6[頭/ha]、B酪農場が2.6[頭/ha]で、他の3酪農場(1.7~1.8[頭/ha])より明らかに高い。なお、A酪農場とC酪農場では、堆肥の一部を畑作農場等に譲渡している。

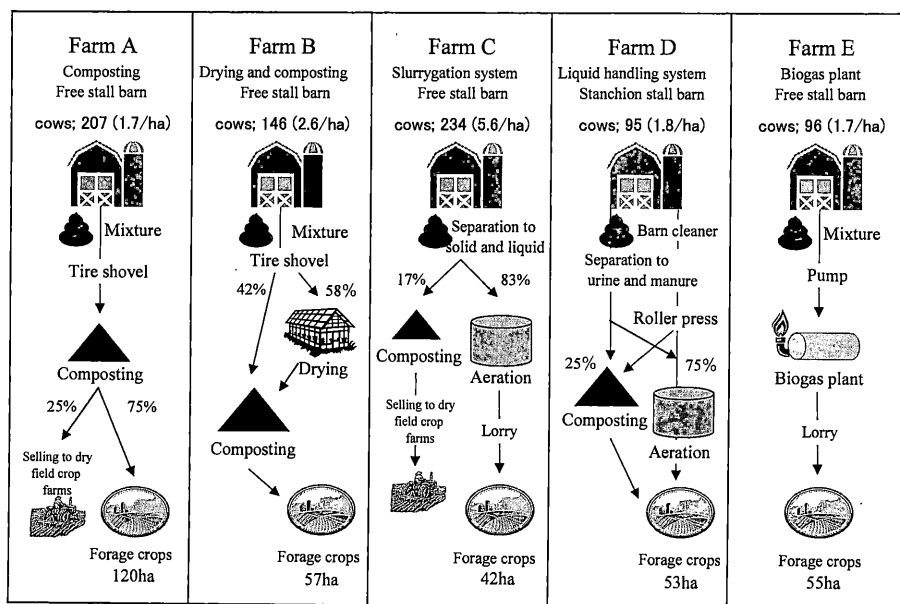


Fig. 1 Dairy housing systems and manure handling systems in five farms

酪農場全体における窒素負荷量の調査方法

本研究では、干場ら (2001) の方法に準じて、酪農場に外部から投入された「流入窒素量」から、生産物として外部へ産出された「産出窒素量」を差し引いた、いわゆる酪農場で有効に利用されなかった窒素量を「酪農場全体における窒素負荷量」と定めた (Fig. 2)。

流入窒素量に関する調査項目は、購入飼料、肥料、敷料に含まれる窒素量とマメ科牧草による窒素固定量とし、産出窒素量に関する調査項目は、販売生乳、個体販売頭数、販売堆肥の量と窒素含有率とした。

購入飼料と化学肥料および販売生乳に含まれる窒素量は、個人別乳牛飼養実態調査 (年間生乳生産量・年間平均乳蛋白率) および農業協同組合の組合員勘定をもとに算出し、マメ科牧草による窒素固定量と乳牛個体に含まれる窒素量については、猫本ら (2002) の方法にしたがって文献値から推測した。また、畑作農場等から受け入れた敷料 (麦秆) や畑作物粕類からなる飼料 (ビートパルプとスイートコーン粕) および畑作農場等へ譲渡した堆肥に含まれる窒素量については、聞き取りと現物のサンプリングおよび化学分析から求めた。なお、窒素の分析方法は、環境庁の JIS K 0102 45 によった。

糞尿処理過程における窒素負荷量の評価方法

本研究では、家畜糞尿が牛舎から搬出されてから、飼料畑へ運ばれる前までに、家畜糞尿から失われた窒素量を「糞尿処理過程における窒素負荷量」と定義した (Fig. 2)。

今回調査した5酪農場では、家畜糞尿の投棄は行われていないため、糞尿の発酵や貯留時において揮散や流亡する窒素量に着目し、数値は以下の式で算出した。

「糞尿処理過程における窒素負荷量」

$$= [\text{処理前の重量} \times \text{処理前の窒素含有率}] - [\text{処理後の重量} \times \text{処理後の窒素含有率}]$$

窒素含有率を調べるために、牛舎から搬出直後または

は固液分離・糞尿分離直後の現物と、畑へ施用する前または畑作農場等へ譲渡する前の現物をそれぞれ季節毎にサンプリングした。

窒素量の計算に必要な家畜糞尿の重量は、以下のよう求めた。牛の排泄重量については、家畜排泄物の処理・利用の手引き (1978) の数値を用いた。糞尿を固体と液体に分離している場合は、その分離割合を算定するために、分離前の糞尿および分離後の固体と液体のそれぞれをサンプリングして全蒸発残留物を測定した。なお、算定した分離割合は Fig. 1 中に示した。また、発酵・分解により減量する堆肥処理の場合は、堆肥に含まれる強熱残留物 (灰分) が分解せず不変であると仮定の上、化学分析により処理前後における現物中の強熱残留物の含有率を求め、それらの数値から堆肥重量の減量を算定した。

一方、液体の場合は、分析精度上、強熱残留物の含有率から減量を求めるのは困難である上、現地では処理前後で体積の変化がほとんどなかったため、本調査では液量の減量はないものとみなした。なお、全蒸発残留物と強熱残留物の分析は、JIS K 0102 14 により行った。

飼料生産過程における窒素負荷量の評価方法

本研究では、家畜糞尿が貯留施設から飼料畑へ運ばれる時点から、収穫された飼料作物が牛体に採食されるまでの間に失われた窒素量を、「飼料生産過程における窒素負荷量」と定義した (Fig. 2)。この過程に関する細かな調査や分析は行わず、窒素負荷量は以下の式により求めた。

「飼料生産過程における窒素負荷量」

= 「酪農場全体における窒素負荷量」

- 「糞尿処理過程における窒素負荷量」

飼料生産過程における窒素負荷量には、飼料畑にて揮散・流亡・蓄積した窒素量のほか、家畜糞尿や自給飼料の運搬、サイレージ調整および給餌時にロスした

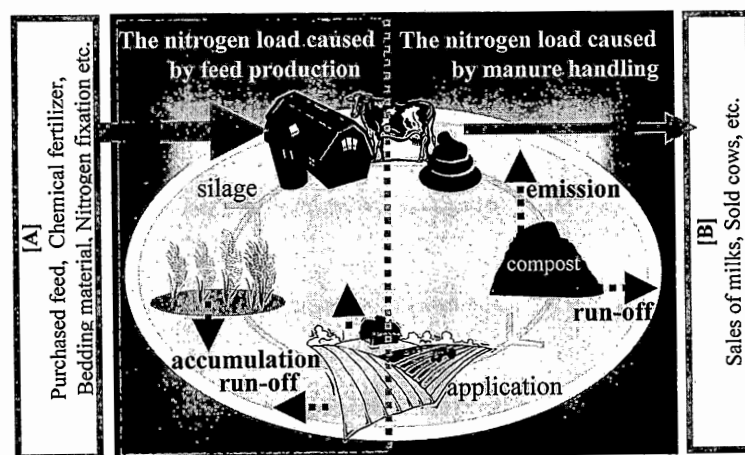


Fig. 2 Schematic diagram of the nitrogen load in this study

窒素量などが含まれる (Fig. 2).

結 果

酪農場全体における窒素負荷量

調査対象酪農場における、単位面積あたりでみた流入窒素量は、A～E酪農場の順にそれぞれ240, 390, 620, 280, 200 [kgN/(ha・year)]であり、産出窒素量はそれぞれ110, 110, 310, 62, 83 [kgN/(ha・year)]であった。

流入窒素量の内訳は、化学肥料による窒素量が、A～E酪農場の順にそれぞれ68, 61, 120, 72, 24[kgN/(ha・year)]であり、購入飼料による窒素量はそれぞれ170, 310, 460, 190, 110 [kgN/(ha・year)]となり、上記以外(敷料や窒素固定など)による窒素量はそれぞれ8, 14, 50, 23, 67 [kgN/(ha・year)]であった。

産出窒素量の内訳は、販売生乳と個体販売による窒素量が、A～E酪農場の順にそれぞれ80, 98, 220, 62, 84 [kgN/(ha・year)]であり、耕種農家等へ譲渡した堆肥などに含まれる窒素量はそれぞれ27, 16, 86, 0, 0 [kgN/(ha・year)]であった。なお、DおよびE酪農場では、堆肥を外部へ譲渡していなかった(Fig. 3)。

飼養密度が高いBおよびC酪農場における単位面積あたりの流入窒素量は、他の3酪農場に比べて明らかに高い。一方、E酪農場では、飼養密度が特に低い

わけではないが、化学肥料および購入飼料による流入窒素量が比較的低く、低投入型の経営である傾向が認められた。

一方、単位面積あたりの産出窒素量は、飼養密度が高いBおよびC酪農場や、耕種農家等へ堆肥を譲渡しているAおよびC酪農場において高まる傾向が認められた。なお、販売生乳や個体販売に含まれる窒素量は、成牛1頭あたりでみると、いずれの酪農場でも35～48 [kgN/(cow・year)]の範囲であり、生産物に含まれる産出窒素量には著しい差がなかった。

流入窒素量から産出窒素量を差し引いて算出した酪農場全体における窒素負荷量は、A～E酪農場の順にそれぞれ140, 270, 310, 220, 120 [kgN/(ha・year)]となり、必ずしも飼養密度に比例して窒素負荷量が高まる傾向ではなかった。

そこで、糞尿処理過程および飼料生産過程における窒素負荷量の比率を各酪農場で比較してみると、Fig. 4に示すようにかなりのばらつきが認められ、糞尿処理や飼料生産の状況が窒素負荷量に少なからず影響している可能性が示唆された。

糞尿処理過程における窒素負荷量

家畜糞尿量は飼養頭数に応じて増加するため、糞尿処理過程における窒素負荷量は、成牛1頭あたりの数

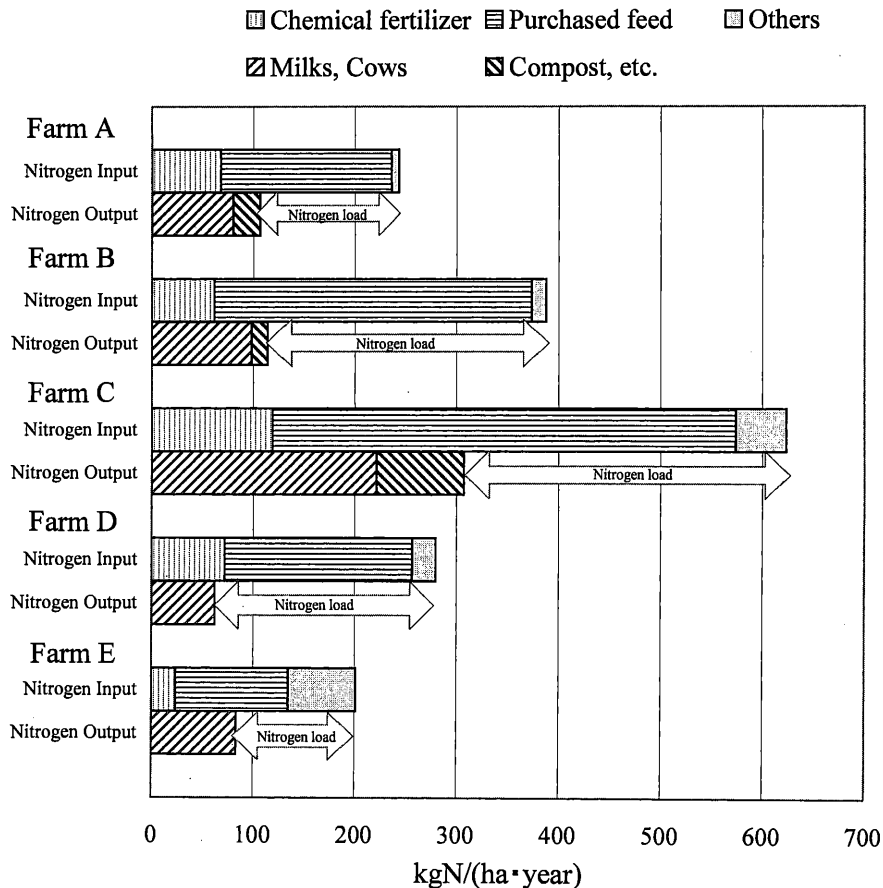


Fig. 3 Nitrogen input and output at each farm

値で比較してみた。各酪農場における値は、A～E酪農場の順にそれぞれ23, 63, 9, 11, 4 [kgN/(cow・year)] となった (Fig. 5)。

家畜糞尿の全量を堆肥化もしくはハウス内で攪拌乾燥を行うAおよびB酪農場において、糞尿処理過程で比較的多くの窒素量が家畜糞尿から失われた。分離した液分の曝気処理が主体であるCやD酪農場の糞尿処理過程では、堆肥処理のAやB酪農場に比べて窒素負荷の発生が低く、家畜糞尿の全量をバイオガスプラントで嫌気処理するE酪農場では、糞尿処理過程における窒素負荷量が最も低く抑えられた。

飼料生産過程における窒素負荷量

飼料生産過程における単位面積あたりの窒素負荷量は、A～E酪農場の順にそれぞれ97, 110, 270, 200, 110 [kgN/(ha・year)] となった (Fig. 6)。

飼料生産過程におけるC酪農場の窒素負荷量が高かったのは、飼養密度の高さから、単位面積あたりの流入窒素量が多くなったためであると推察される。一方、B酪農場において飼養密度が比較的高いわりに飼料生産過程の窒素負荷量がAやE酪農場と同程度に抑えられたのは、糞尿処理過程で比較的多くの窒素量が失われたことにより、飼料生産に対する窒素の投入量が低く抑えられたためであると思われる。また、飼養密度が比較的低いD酪農場の飼料生産過程において窒素負荷量が高い理由としては、含水率の高い糞尿を秋

に施用したため窒素分の流亡が多かった等、貯留施設から運び出した糞尿の使い方に起因する窒素ロスを原因の一つとして挙げる事ができる。

考 察

個々の酪農場にて窒素の収支を細かく調べることは労力的に困難である。一方、ファーム・ゲート・バランス法に準じて流入窒素量と産出窒素量を定量すれば、細かな現地調査をとまわずに酪農場全体の窒素負荷量を把握することができる。しかしながら、窒素の利用率を高めたり、窒素負荷量を削減するための対策を考える上での情報は十分と言えない。

本研究では、酪農場全体の窒素負荷量を調査するとともに、簡易な分析により糞尿処理過程における窒素負荷量を求め、酪農場内における窒素負荷量の発生要因をおおまかに推定することができた。例えば、窒素負荷量が比較的高かったB～D酪農場に関しては、B酪農場では糞尿の乾燥堆肥化の際に窒素負荷の発生が高まっており、C酪農場では飼養密度の高さに起因して、D酪農場では糞尿の使い方に起因して飼料生産過程での窒素負荷の発生が高まっている可能性を示唆することができた。

しかしながら、家畜糞尿を投棄している場合や牛舎内およびその周りでの窒素ロスが大きい事例に対して本手法を適用した場合、計算上、飼料生産過程の窒素負荷量が高く算定されてしまうため、このことは今後の検討課題として残される。

なお、糞尿処理過程だけに注目すると、堆肥処理による窒素負荷の発生量が高まっている傾向がみられたが、その一方、TAMURA *et al* (2001) は堆肥の流通により形成される地域内循環が酪農場の窒素負荷量を低減すると報告している。このことから、畜産施設から発生する窒素負荷を検討する際は、個別の農場だけでなく地域全体の窒素の収支も考慮することが必要と考えられ、今後、研究を進める予定である。

参 考 文 献

中央畜産会 (1978) : 家畜排せつ物の処理・利用の手引

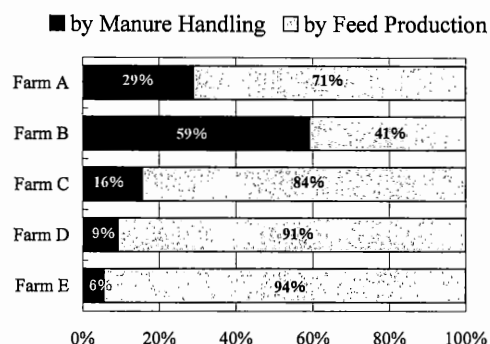


Fig. 4 The contents of the amount of the nitrogen load at each dairy farm

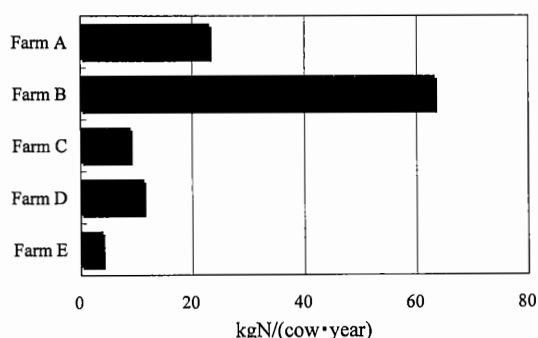


Fig. 5 The nitrogen load caused by manure handling at each dairy farm

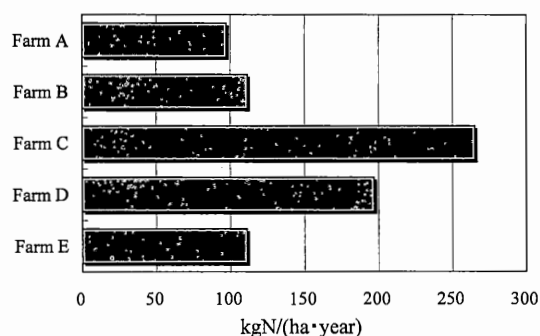


Fig. 6 The nitrogen load caused by feed production at each dairy farm

- き, 2.
- 干場信司・河上博美・森田茂・野田哲治・池口厚男
(2001): 酪農生産システムの複合的評価指標の提案
— 経営的収益性・窒素負荷量・投入化石エネルギー
による総合的評価, 農業施設, 32(3), 1-6.
- MATSUMURA S. (1999); Material circulation in farm
land-balance of materials contained in livestock
manure-, Conference on group management of
dairy cows based on resource circulation,
National grassland research institute, 35-40.
- 松中照夫(2001): 酪農場の土壌を巡る窒素循環 — 北
海道におけるふん尿問題 —, 酪農ジャーナル, 54
(10), 62-63.
- 猫本健司・干場信司・河上博美・森田 茂・池口厚男
(2002): 経済的収益性・投入化石エネルギー量およ
び窒素負荷量による北海道の一酪農場の総合的評
価, 農業施設, 33(1), 21-26.
- TAMURA A., HOSHIBA S., KAWAKAMI H., MORITA
S., NEKOMOTO K. and NODA T. (2001): Compari-
son on nitrogen load in dairy farms between two
districts in Hokkaido and three countries, Green-
house gases and animal agriculture GGAA2001,
297-300.
- The Dutch Ministry of Agriculture, Nature Man-
agement and Fisheries(2001): Manure and the
environment, 9-11.