

2014年度

博士論文

5 指標による十勝地方鹿追町酪農の評価とその推移

21233001 佐々木美穂

指導教員 動物資源生産学 教授 干場信司

酪農学園大学大学院酪農学研究科

## 目次

ページ

### 第 I 章 序論

1 . 背景 . . . . .	1
2 . 既往研究 . . . . .	3
( 1 ) 単一指標による評価 . . . . .	3
( 2 ) 多面的評価 . . . . .	5
( 3 ) 環境評価の指標 . . . . .	7
3 . 目的 . . . . .	8
4 . 論文の構成 . . . . .	9
5 . 論文に用いた単位に関する記載 . . . . .	10

### 第 II 章 十勝地方鹿追町酪農生産システムの 5 指標による多面的評価における 11 年前との比較

1 . 目的 . . . . .	11
2 . 方法 . . . . .	11
( 1 ) 調査対象 . . . . .	11
1 ) 調査対象地概要 . . . . .	11
2 ) 調査対象の経営概要 . . . . .	13
( 2 ) 調査項目および調査方法 . . . . .	13

1)	経済性	13
2)	エネルギー	14
3)	環境負荷	16
4)	乳牛の健康状態	18
5)	酪農家の満足度	18
6)	レーダーチャート	20
3.	結果および考察	21
(1)	経済性	21
(2)	エネルギー	23
(3)	環境負荷	25
(4)	乳牛の健康状態	28
(5)	酪農家の満足度	30
4.	まとめ	32

### 第Ⅲ章 十勝地方鹿追町酪農における北海道施肥ガイド2010に

#### 基づいた余剰窒素の目標値および許容値

1.	目的	34
2.	方法	35
(1)	調査対象	35
(2)	畑酪混同地帯におけるふん尿還元量の設定条件と畑作農場	

へのたい肥譲渡を加味した余剰窒素の算出	36
(3) 余剰窒素の目標値および許容値の算定手順	36
1) 施肥標準を用いた採草地における余剰窒素の算定手順	36
2) 施肥標準を用いた飼料用トウモロコシ畑における余剰窒素の算定手順	37
3) 畑作物が利用可能なふん尿量とその頭数	37
4) 自給飼料では不足する窒素養分の算定	37
5) 鹿追町酪農における余剰窒素目標値と許容値の算出	37
(4) 余剰窒素の目標値および許容値の算出方法	37
1) 採草地	37
2) 飼料用トウモロコシ畑	43
3) 畑作農場	45
4) 購入飼料量の算出	45
3. 結果および考察	46
(1) ①の条件(ふん尿還元量の窒素およびカリウムのどちらも、標準施肥量を超過しないように設定した場合)	46
1) 採草地	46
2) 飼料用トウモロコシ畑	47

3) 鹿追町酪農あたり余剰窒素	48
(2) ②の条件 (①の条件に畑作農場へのたい肥譲渡を加味した 場合)	48
1) 畑作農場	48
2) 鹿追町酪農あたり余剰窒素	49
(3) ③の条件 (ふん尿還元量の窒素のみが標準施肥量を超過し ないように設定した場合)	49
1) 採草地	50
2) 飼料用トウモロコシ畑	50
3) 鹿追町酪農あたり余剰窒素	51
(4) ④の条件 (③の条件に畑作農場へのたい肥搬出を加味した 場合)	51
1) 鹿追町酪農場における余剰窒素の算定	51
(5) 施肥標準を基にした余剰窒素の意味	52
(6) 余剰窒素の目標値および許容値算定に関する今後の課題	53
4. まとめ	54

#### 第IV章 乳牛の健康状態と経営要因との因果関係

1. 目的	56
-------	----

2 . 方法 . . . . .	57
( 1 ) 調査対象 . . . . .	57
( 2 ) 調査項目および調査方法 . . . . .	58
1 ) 乳牛の健康状態 . . . . .	58
2 ) 乳牛飼養頭数 . . . . .	58
3 ) 濃厚飼料購入量 . . . . .	58
4 ) 乳量 . . . . .	58
5 ) 乳飼比 . . . . .	58
6 ) 従業員数 . . . . .	59
7 ) 経済性 . . . . .	59
8 ) 満足度 . . . . .	59
3 . 結果および考察 . . . . .	59
( 1 ) 乳牛飼養頭数, 濃厚飼料購入量, 乳量および乳飼比が乳牛 の健康状態に及ぼす影響 . . . . .	59
1 ) 乳牛飼養頭数と乳牛の健康状態との関係 . . . . .	59
2 ) 濃厚飼料購入量と乳牛の健康状態との関係 . . . . .	60
3 ) 出荷乳量と乳牛の健康状態との関係 . . . . .	61
4 ) 乳飼比と乳牛の健康状態との関係 . . . . .	61
5 ) 従業員数と乳牛の健康状態との関係 . . . . .	62
6 ) 従業員数と泌乳器系疾患との関係 . . . . .	62

( 2 ) 乳牛の健康状態が経済性および満足度に与える影響	63
1 ) 乳牛の健康状態と経済性	63
2 ) 乳牛の健康状態と経営主の作業時間	65
3 ) 乳牛の健康状態と配偶者の作業時間	67
4 ) 乳牛の健康状態と経営主の満足度	67
5 ) 乳牛の健康状態と配偶者の満足度	68
( 3 ) 経営主と配偶者の作業上の相違点	70
4 . まとめ	71
第 V 章 各種要因が経営主と配偶者の満足度に及ぼす影響	
1 . 目的	73
2 . 方法－調査対象地と調査対象数－	74
3 . 結果	74
( 1 ) 経済性と経営主の満足度との関係	74
( 2 ) 乳牛の飼養頭数と経営主の満足度との関係	75
( 3 ) 出荷乳量と経営主の満足度との関係	75
( 4 ) 濃厚飼料購入量と経営主の満足度との関係	75
( 5 ) 作業時間と経営主の満足度との関係	75
( 6 ) 乳飼比と経営主の満足度との関係	76
( 7 ) 経済性と配偶者の満足度との関係	76

( 8 ) 乳牛の飼養頭数と配偶者の満足度との関係	77
( 9 ) 乳量と配偶者の満足度との関係	77
( 10 ) 濃厚飼料購入量と配偶者の満足度との関係	77
( 11 ) 作業時間と配偶者の満足度との関係	78
( 12 ) 乳飼比と配偶者の満足度との関係	78
4 . まとめ	78
第VI章 総合考察	80
1 . 個別酪農場における評価の推移	80
( 1 ) 経済性	80
( 2 ) エネルギー	81
( 3 ) 環境負荷	81
( 4 ) 家畜福祉	82
( 5 ) 人間福祉	82
2 . 余剰窒素の許容値による分類および各農家群の特徴と課題	83
( 1 ) 余剰窒素の許容値と飼養可能頭数による酪農家群の分類	84
( 2 ) 余剰窒素の許容値と飼養可能頭数により分類した酪農家群 の現状分析	85
3 . 様々な地域を想定した施肥標準および飼料基盤の違いによる飼	



養密度および余剰窒素の変化	87
4. 現地への提言と多面的評価の必要性	90
要約	94
謝辞	101
参考文献・引用資料	105
SUMMARY	112
Figures and Tables	121
Appendices	202

## 第 I 章

### 序論

#### 1. 背景

我が国は高度経済成長に伴い、食生活の多様化や輸入の自由化により国民生活の質は向上した。酪農産業では、食の多様化が進むにつれ乳製品の消費が拡大し、乳牛の品種改良や規模拡大が図られた [32]。規模拡大に伴い、1戸あたりの飼養頭数を増やし大規模化によるコスト削減を図る傾向が強くなり、農業所得は向上し経済性の追求はある程度達成された。

経済成長していく中で、多くの問題が浮上した。特に環境に関しては、家畜排せつ物の野積み等による近隣への悪臭や地下水汚染が問題視された。1999年7月22日に家畜排せつ物問題を改善するため、「家畜排せつ物の管理の適正化および利用の促進に関する法律（家畜排せつ物法）」が成立した [31]。家畜排せつ物法により家畜ふん尿の野ざらしやたれ流しの問題は概ね改善されたが、この法律では、面積あたりの施用量や飼養頭数などの、実質的な数量規制は先送りにされていた。このような中で、2014年4月1日に、別海町では、良好な水環境を保持し、農業と漁業が将来にわたり共存共栄しうる社会を構築することを目的とした「別海町畜産環境に関す

る条例」が施行された [2]。この条例により単位面積あたり飼養頭数を規制し、家畜排せつ物の適切な管理が行われるようになった。

環境問題以外にも、海外輸入飼料依存による自給率の低下、乳牛における生産病の増加、家畜福祉的問題、規模拡大による家族労働負担の増大、後継者や担い手の不足による離農等の問題も発生してきた。このように規模拡大により経済的に豊かになったが、環境面や農業従事者の暮らしにおける質的向上への配慮が求められるようになった。

上記のような背景を踏まえ、酪農生産システムの評価を見直すために、Hoshiba [11]、干場 [12]、河上 [15, 16]、Kawakami [17] は経済性のみからの評価ではなく、エネルギー、環境負荷、家畜福祉および人間福祉の 5 指標による総合的な酪農産業システムの評価が必要であることを提起した。これらの指標を用いた評価は、既往研究の節で後述するように、これまでに全国各地の個別農場や様々な国内外の地域農家群を対象とし、数多く行われている。

十勝の代表的な農村地域の 1 つである鹿追町においても、河上 [15, 16]、田村 [37] により、1998 年に酪農場を対象に調査が行われた。5 指標による評価に基づいて、濃厚飼料および化学肥料使用量の見直しについて提言された。しかし、鹿追町では提言後の変化については未だ明らかにされておらず、再評価し新たに提言する必要がある

る。また、環境負荷の指標としては余剰窒素を用いたが、1998年の調査時点では、単純に道東の酪農地帯の数値やヨーロッパにおける推奨値と比較するにとどまっておき、余剰窒素を評価する基準値が明確にされていなかった。したがって、経営形態、飼養形態など生産基盤を考慮して余剰窒素を検討する必要がある。

## 2. 既往研究

### (1) 単一指標による評価

エネルギーに関する評価として、1976年に宇田川〔41〕は環境やエネルギー問題を考慮した指標としてエネルギー産出投入比を提言した。エネルギー産出投入比により、稲作生産システムにおけるエネルギー効率が、農業生産システムの変化により大きく異なる様子を的確に表現した。さらに、2008年に上島〔42〕は、生産におけるランニングのエネルギーのみではなく、牛舎建設・内部設備に関わるエネルギーを含めた、ライフサイクルインベントリーについて検討した。

窒素を指標とした評価として、2004年に猫本〔27〕は、酪農生産システムの窒素収支に着目し、ふん尿処理システムの現状評価と循環利用を促進させる検討を行い、家畜ふん尿の循環システムの構築が急務であることを述べた。また、2012年に中辻〔26〕は、作

物による窒素持出量と環境基準と等しい濃度の浸透水に含まれる硝酸性窒素の合計量を窒素環境容量と定義した。農耕地への窒素投入量が窒素環境容量の範囲内であれば、浸透水中の硝酸性窒素濃度は環境基準の 10 mg/L 未満に抑えられるため、地下水汚染リスクの低減について証明した。さらに、海外において、2008 年に Treacy [25] は、2003 年から 2006 年の間に、アイルランド南西にある 21 戸の集約酪農場を対象にファームゲートバランスを用いた窒素収支について検討した。また、2008 年に菱沼 [5] がふん尿処理施設、ふん尿処理・利用システムの環境負荷排出量および環境影響についてライフサイクル的思考を適用した評価を行い、環境負荷の少ない家畜糞尿処理・利用システムについて検討した。ライフサイクル的思考からの環境影響評価により、環境負荷排出量とコストを定量的に把握し比較することで、総合的に環境負荷の少ないふん尿処理・利用システムの検討を行うことの可能性を示唆した。

乳牛の健康状態に関する研究に関して、2008 年に三浦 [23] は、浜中町において 1996 年と 2006 年の乳牛の診療費および診療回数の比較を行い、乳牛の健康状態に悪影響を及ぼす要因について検討した。乳牛の健康状態に悪影響を及ぼす要因として濃厚飼料給与量をあげ、フリーストール農場では、多頭飼育および放牧時間の短いことが疾病増加の要因とされていた。また、疾病発生回数の少ない農

場では農業所得率が高い傾向にあり，満足度は疾病発生回数が増えることにより低下する傾向にあることを示した。

人間福祉面では，2005年に河合〔14〕が，北海道の酪農場で働く女性を対象に生活実態・意識と生産活動について評価し，酪農家女性の現状を明確にすることで様々な機関との連携の重要性を強調した。

## （2）多面的評価

上述のように，単一指標からの評価も数多く行われているが，農場をさらに総合的に評価するため，酪農学園大学家畜管理・行動学研究室では，5指標を用いた多面的評価も多く実施されている。

個人農場を対象とした研究では，2001年には佐藤〔35〕による，ジャージー酪農と稲作による複合経営の総合的評価，2005年には松本〔22〕による，都市近郊・粗飼料生産型の松本牧場に関する総合的評価と将来展望，そして，2007年には辻〔40〕による，飛騨辻畜産における和牛生産の総合的評価が実施された。このように，様々な畜種で5指標による評価が行われている。

地域全体を対象とした研究として，2014年に久保田〔19〕は，集約的酪農から放牧活用酪農へと長期計画を取組む地域に対して，放牧活用と乳飼比低下に向け，進捗状況を確認できるいくつかの項

目を提示した。

海外では、2011年に Aizezi [1] により、新疆ウイグル自治区における酪農生産システムの総合的評価が実施され、中国では初となる評価が行われた。

国内では、浜中町および鹿追町で地域の農家群を対象とした評価が行われている。浜中町について、河上は2000年[15]および2004年[16]に、酪農生産システムに対し5指標の評価を実施した。初めての評価から10年後の2010年に三浦[24]は、浜中町酪農の、再評価をし10年前との比較を実施した。その結果、5指標から酪農場を評価した際に、乳飼比の低い農場ほど総合的な評価が高くなることを示した。さらに、鹿追町について、河上は2000年[15]および2004年[16]に、田村は2000年[37]に、5指標を用い酪農生産システムの評価を実施した。提言として、集約放牧型酪農生産システムと比較すると、鹿追町では環境負荷が高くなっており、濃厚飼料や化学肥料の使用量の見直しが求められた。また、課題としては、地域内循環が考慮されていない点があげられた。このように鹿追町では、1999年に評価が実施され提言が残されているが、その後、5指標による多面的評価の比較が行われておらず、提言後の変化を検討する必要がある。

### (3) 環境評価の指標

農業における環境評価は海外でも行われている。特にヨーロッパでは Nitrogen balance と Farm-gate balance [33] の 2 つの考え方から評価されている。Nitrogen balance は、飼料畑への家畜ふん尿、化学肥料等を投入窒素とし、そこから生産される収穫物によって持ち出される窒素養分を産出窒素とし、これらの差し引きを余剰窒素と定義している。Farm-gate balance は、化学肥料、飼料など農場へ持ち込まれる窒素を投入窒素とし、生乳や販売個体などに含まれる窒素を産出窒素とし、投入窒素から産出窒素を差し引いたものが農場に残ったものとして算出している。これらはいずれも、国や地域単位の評価が多い。さらに、ヨーロッパでは余剰窒素の推奨値を設け厳しい環境評価を行っている。

我が国では、家畜ふん尿に関する法律として、「家畜排せつ物の管理の適正化および利用の促進に関する法律」[31]を適応している。しかしながら、この法律は施用量や飼養頭数などの規制はしておらず、現実的な状況については不明確であった。そこで、余剰窒素を用いた評価を、農場に対し実施することで、現実的な数値化が可能になる。一方、我が国においては、余剰窒素の適正值などは提示されておらず、現状を明確にできない状況にあった。

現状の環境を明確にするために、北海道では、行政的な取扱いと



して、「北海道施肥ガイド 2010」を用いることが可能である（北海道農政部 [7]）。これは、「良質な農産物の安定供給，生産コストの低減および環境負荷の軽減に配慮した合理的な施肥管理・土壌管理を推進することを目標に，主要な作物について，地帯別・土壌別の標準的な施肥量を示すとともに，土壌診断および作物栄養診断に基づく施肥の基準，各種の指標などを示した」ものである。すなわち，気象・土地条件・作付作物を考慮した対応となっている。したがって，北海道では，「北海道施肥ガイド 2010」と余剰窒素の概念を組み合わせることで，根拠を示しながら，地域ごとの余剰窒素の現状を明確にできると考えた。

### 3. 目的

本研究では，十勝地方鹿追町酪農の 5 指標による多面的評価を再度実施し，現状の把握および改善点を検討することを目的とした。

1998 年と 2009 年の鹿追町酪農専業農家を対象に 5 指標による多面的評価を用いた比較を行い，1998 年に比べどのような推移をしてきたのかを明確にした。さらに，これまでの環境評価を見直すために，環境評価の指標である余剰窒素が示す具体的な数値の意義を検討し，再評価が可能になるように改善した。また，酪農生産システムで重要な家畜福祉の指標では，乳牛の健康状態から福祉の評価を

試みており，各酪農家が把握しやすい診療費および疾病発生回数を基に，酪農場をより多面的に評価するために，疾病とその他の指標との因果関係をより詳細に検討した。さらに，経営主と配偶者の満足度に及ぼす影響要因を追求した。これらを考慮しなおした上で，鹿追町酪農における将来のあり方について考察し，提言した。

#### 4. 論文の構成

本論文の構成を Fig.1-1 に示した。第Ⅱ章では，鹿追町酪農の 5 指標による多面的評価を用いた 11 年前との比較を実施した。第Ⅲ章では，北海道施肥ガイド 2010 を条件とした，余剰窒素の目標値および許容値を算定した。第Ⅳ章では，①乳牛飼養頭数，濃厚飼料購入量，乳量，乳飼比および従業員数が乳牛の健康状態に及ぼす影響の検討ならびに，②乳牛の健康状態が経済性，飼料収穫期の作業時間，飼料収穫期以外の作業時間および経営主と配偶者の満足度に与える影響について検討した。第Ⅴ章では，年間農業所得，1 頭あたり農業所得，農業所得率，乳牛の飼養頭数，濃厚飼料購入量，乳量，作業時間および乳飼比が経営主ならびに配偶者の満足度に及ぼす影響を検討した。これらを踏まえ，第Ⅵ章では，総合考察として鹿追町酪農の変化および多面的評価の観点から提言した。以上，本論文は第Ⅰ章から第Ⅵ章の章立てとした。

## 5. 論文に用いた単位に関する記載

本論文で用いた単位を Appendix 1 に掲載した。本論文では、1頭あたり日乳量、1日あたりに乳牛が必要とする粗蛋白質、1日あたり乳牛が必要とする TDN、飼料収穫期の作業時間および飼料収穫期以外の作業時間以外は、年間の値を用いた。したがって、1日あたりを用いた数値には、単位に1日あたりの表記をしたが、その他の年間表記の値には年間を示す単位は示していない。

## 第Ⅱ章

### 十勝地方鹿追町酪農生産システムの5指標による多面的評価 における11年前との比較

#### 1. 目的

本章の目的は、鹿追町酪農生産システムについて、経済性、エネルギー、余剰窒素、家畜の健康状態および酪農従事者の満足度の5指標を用いた多面的評価を実施し、1998年と2009年との比較をすることである。11年前との比較により変化した点、不変な点の把握を行った。

#### 2. 方法

##### (1) 調査対象

##### 1) 調査対象地概要

調査対象地は、北海道十勝管内の畑酪混同地帯と呼ばれる鹿追町である。鹿追町は一大農業地帯十勝平野の北西端に位置し、大雪山国立公園の一部を含む夫婦山の麓に広がる山麓農村地帯である。1999年の人口6,307人のうち農家人口は1,252人、農地面積は11,424 haであった。一方2010年では、人口5,711人のうち農家人口は1,500人であり、総面積40,469 haうち農地面積は11,499 ha

で全体の 28.4 %にあたり，大部分は国有林を中心とする山林地帯であった。

鹿追町の基幹産業である農業は，酪農(畜産)・畑作が中心である。酪農では，「土づくり」「草づくり」「牛づくり」を基本に土壌分析に基づく適正施肥により良質の粗飼料の確保，乳牛遺伝改良等を推進し生産向上を図っている。特に，生産乳量は年間約 10 万 t で十勝の中でもトップクラスとなっている。畑作では，輪作体系の確立を基本にたい肥投入・緑肥栽培・交換耕作等の地力対策やマッピングシステムを活用した肥料設計，生産履歴のデータ集積・解析を合わせた経営分析システムを活用しコスト低減を図っている。また主要作物は小麦・てん菜・馬鈴しょ・豆類であり，適期管理作業等の励行により高品質・生産性向上を図っている。肉牛では鹿追町内で生産される乳雄仔牛のみを一貫肥育しており，年間約 5,200 頭を出荷し，「鹿追生まれ・鹿追育ちの町内完結型」生産体系を確立している [13]。

鹿追町では 1993 年からゆとりある酪農経営を目指し，全国でも先進的にコントラクター事業を展開している。これにより労働緩和と良質粗飼料の安定的確保を図ると共に，酪農家が乳牛飼養管理に専念でき，経営規模拡大や飼養管理の合理化を可能にしている。また，JA 鹿追町では利益処分による配当金が十勝の中で最も多く，そ

の分農家への還元を多くしている。

## 2) 調査対象の経営概要

調査対象は、1998年および2009年において鹿追町農業協同組合（以下 JA 鹿追町）に加入していた酪農専業農家群である。なお、アンケート調査は1999年および2010年に行った。解析に用いた1998年と2009年の経営概要を Table 2-1 に示した。1998年に比べ2009年では、調査対象農家戸数は19%減少していたが、鹿追町酪農全体の経営面積には大きな変化はなく、1戸あたり経営面積が29%増加していた。また、鹿追町酪農全体で飼養頭数は10%の増加、1戸あたりの飼養頭数も36%増加していた。それに伴い、経営面積あたりの飼養密度は8%の増加となった。生産性については、個体乳量に大きな変化はなかったが、鹿追町酪農全体で生産乳量は26%増加していた。したがって、この11年間に経営規模を拡大してきたことが明らかとなった。

## (2) 調査項目および調査方法

### 1) 経済性

経済性の調査項目は、農業粗収入および農業支出である。本研究で用いた農業粗収入および農業支出のデータはJAの組合員勘定（営農取引明細票）を用いた。組合員勘定は、JAと農家の取引内容に限

定されており，JA を通さない一部の取引は含まれていない。また，機械・施設，乳牛などの減価償却費も含まれていない。JA 鹿追町の組合員は，ほぼ全ての生産資材を JA から購入している。この組合員勘定を用い農業所得および農業所得率を算出した。農業所得は農業粗収入から農業支出を差し引いた金額であり，農業部門からの純粋な収益をあらわしたものである。農業所得率は，農業粗収入に対する農業所得の割合である。以下にこれらの式を示し，経済性の調査項目の詳細を Table 2-2 に示した。

農業所得 [千円]

$$= \text{農業粗収入} - \text{農業支出} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (1-1)$$

農業所得率 [%]

$$= (\text{農業所得} / \text{農業粗収入}) \times 100 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (1-2)$$

## 2) エネルギー

エネルギーの調査項目は，投入化石エネルギーおよび産出エネルギーである。本研究において，エネルギー算出に関しては，主に農協の組合員勘定を用いた。投入化石エネルギーの調査項目は，電気，水道およびガソリン等のオイル類の使用量，生産資材としての飼料，肥料，農薬，添加剤および敷料の購入量，各生産資材における生産エネルギー，加工エネルギー，輸送エネルギー（海外輸送・国内輸送）および輸送距離である。電気，水道およびオイル類の単位あた

り投入化石エネルギーは、家庭生活のライフサイクルエネルギー（社団法人資源協会 [36]）より引用した。また、電気、水道およびガソリン等のオイル類の使用量および購入量は、組合員勘定より使用料金および購入料金以外のデータを得られなかったため、単価から使用量および購入量を推定した。なお、これらの投入化石エネルギーには、施設・設備・機械等の製造・建設に対するエネルギーは含まれていないため、ランニングのエネルギーのみを対象とした。

飼料の生産に要する化石エネルギーは以下のように推定した。配合飼料および単味飼料の原料生産における単位あたり投入化石エネルギーは、アメリカにおけるトウモロコシの生産に関わるエネルギー（大久保 [34]）を使用した。乾草は、アメリカ・ミネソタ州においてアルファルファ乾草の生産に要したエネルギー（Heichel [4]）より求めた。本研究では、粕類、添加剤および敷料（おがくず）は国内生産、その他全ての購入物は、海外からの輸入として計算した。その際の輸送距離は、livedoor [21] のルート検査を用い算出した。各項目の単位あたりの投入化石エネルギーを Table 2-3 に示した。

産出エネルギーとは、生産物のエネルギー（カロリー）であり、本研究では生産された牛乳が持つエネルギーとした。産出エネルギーの調査項目は、年間生乳生産量および生産された生乳の脂肪率と



した。生乳のエネルギー（GEMJ）は，日本飼養標準（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 [3]）に基づいて年間平均乳脂率（FAT）および年間生産乳量を用い算出した。以下に式を示した。

$$\text{GEMJ [MJ/kg]}$$

$$= (0.0913 \times \text{FAT} + 0.3678) \times 4.184 \dots \dots \dots (1-3)$$

以上の投入化石エネルギーおよび産出エネルギーを用いエネルギー投入産出比を求めた。エネルギー投入産出比とは，得られた生産物のエネルギー（カロリー）に対する生産システムのエネルギー的効率を表す指標として利用されている（宇田川 [41]）。以下にその式を示した。

$$\text{エネルギー投入産出比}$$

$$= \text{投入化石エネルギー [MJ]} / \text{産出エネルギー [MJ]}$$

$$\dots \dots \dots (1-4)$$

### 3) 環境負荷

環境負荷の指標として余剰窒素を用いた。調査項目は投入窒素および産出窒素であり，これらの差し引きから余剰窒素を求めた。

投入窒素とは飼料，肥料，敷料中に含まれる窒素量およびマメ科牧草により固定された窒素量である。マメ科窒素固定量の算出は，1998年に用いられた文献ではなく，根釧農業試験場で検討された新しいデータを用い算出をした（北海道立根釧農業試験場 [8]）。マ

メ科率は，アンケート調査よりデータを収集した。アンケートの内容は Appendix 2-1 に示した。

産出窒素とは生乳に含まれる窒素量，販売した個体に含まれる窒素量および畑作農家が利用するたい肥に含まれる窒素量である。家畜の個体に含有する窒素量は，『生命の火』（Kleiber [18]）のデータを引用し，個体がもつ蛋白含有率を求めた。個体の窒素含有量基準を Table 2-4 に示した。さらに，たい肥の窒素含有率について，1998 年は，酪農家 9 戸のサンプリングによる分析値を用いたが（猫本 [28]），2009 年では，JA 鹿追町より提供された 44 戸分の分析平均値である 0.47 gN/原物 100g を使用した。たい肥の窒素含有率の詳細を Table 2-10 に示した。なお，畑作農場へのたい肥の譲渡額については，アンケート調査を実施しており，アンケートの内容を Appendix 2-1 に示した。また，敷料として用いられる麦桿の窒素含有率は，11 年前に現物のサンプリングより分析された平均値である 0.576 gN/原物 100g を使用した（猫本 [27]）。

以下にそれぞれの窒素含有量を求める式および余剰窒素を求める式を示した。

生乳の窒素含有量 [kgN]

= 生乳生産量 [kg] × (蛋白含有量 × 100) / 6.38

..... (1-5)

個体の窒素含有量 [kgN]

$$= \text{販売頭数 [頭]} \times \text{窒素含有量 [kgN/頭]} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (1-6)$$

敷料の窒素含有量 [kgN]

$$= \text{敷料購入量 [kg]} \times 0.576 / 100 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (1-7)$$

マメ科窒素固定量 [kgN/ha]

$$= \{ -0.045 \times (\text{マメ科率 [%]})^2 \} + (5.5 \times \text{マメ科率 [%]})$$

$$\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (1-8)$$

たい肥の窒素含有量 [kgN]

$$= \text{たい肥 [kg/年]} \times 0.47 / 100 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (1-9)$$

余剰窒素 [kgN]

$$= \text{投入窒素 [kgN]} - \text{産出窒素 [kgN]} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (1-10)$$

#### 4) 乳牛の健康状態

乳牛の健康状態は十勝 NOSAI より提供された「事業統計」を用いて、診療費用および疾病発生回数を基に評価した。疾病の分類は Table 2-5 に示した。

#### 5) 酪農家の満足度

人間福祉の一指標として酪農家の満足度を用いた。酪農家の満足度はアンケート調査により求めた。アンケートの調査項目の設定にあたっては徳川ら [39] が実際に使用した調査項目に修正を加えたものを使用した。アンケート調査は、1999年と2010年に行った。

農協を通しアンケートを事前に送付し，後日学生 20 名が 2 人 1 組で，対象農家を実際に巡回し，アンケートの回収を行った。アンケート対象者は経営主，配偶者，経営主の親，後継者および常雇者など，その牧場で働く全ての方である。アンケートの質問概要は，経営および生活全般に対する満足感や悩みなど 30 項目である。アンケート内容を Appendix 2-2-(1)，2-2-(2)に示した。アンケートは問 1~8 の構成となっている。その中で，問 6 と問 7 の質問項目 30 問を評価に用いた。また，アンケートの質問項目 30 問のうち，アンケートの問 6 を質問事項 A，問 7 を質問事項 B とした。質問事項 A はポジティブな質問 14 問，質問事項 B はネガティブな質問 16 問となっている。

アンケートの解析方法は質問項目 30 問それぞれに対し，①大変満足 (+2)，②満足 (+1)，③普通 ( $\pm 0$ )，④不満足 (-1) ⑤大変不満足 (-2) の 5 段階に分類し，その平均値を用いて調査対象者の「満足度」を評価した。平均値 ( $\bar{S}$ ) と満足度における評価の対応は以下に示した。

大変満足 :  $1.5 \leq \bar{S}$

満足 :  $0.5 \leq \bar{S} < 1.5$

普通 :  $-0.5 \leq \bar{S} < 0.5$

不満足 :  $-1.5 \leq \bar{S} < -0.5$

大変不満足： $\bar{S} < -1.5$

#### 6) レーダーチャート

複数（変数）の項目を同時に表示し，対象の異なるものをパターンとして比較するため，レーダーチャートを用い，1998年と2009年の鹿追町酪農家群の比較を行った。

本研究における，レーダーチャートの外周の値は，満足度の外周3.0とし，経済性，エネルギー，環境負荷および乳牛の健康状態については，10の整数倍の値を使用した。なお，レーダーチャートの外側に向かうほど良好な状態を表現するため，エネルギー，環境負荷および乳牛の健康状態は逆数を使用した。

経済性は，1頭あたり農業所得 [千円/頭]，エネルギーは，単位投入化石エネルギーあたり経営面積 [ $10^{-4}\text{ha}$  /GJ]，環境負荷は，単位余剰窒素あたり経営面積 [ $10^{-4}\text{ha}$  /kgN]，乳牛の健康状態は，乳牛の単位診療費あたり成牛換算頭数 [ $10^{-4}$  頭/千円] ならびに乳牛の単位疾病発生回数あたり成牛換算頭数 [ $10^{-4}$  頭/回]，酪農家の満足度は，経営主の満足度に2を加えた数値をレーダーチャートに表現した。以下に式を示した。

経済性 [千円/頭]

= 農業所得 [千円] / 成牛換算頭数 [頭] ····· (1-11)

エネルギー [ $10^{-4}\text{ha}$  /GJ]

$$= \text{経営面積} [10^4 \text{ha}] / \text{投入化石エネルギー} [\text{GJ}]$$

$$\dots \dots \dots (1-12)$$

$$\text{環境負荷} [10^4 \text{ha} / \text{kgN}]$$

$$= \text{経営面積} [10^4 \text{ha}] / \text{余剰窒素} [\text{kgN}] \dots \dots \dots (1-13)$$

$$\text{乳牛の健康状態} [10^4 \text{頭} / \text{千円}]$$

$$= \text{成牛換算頭数} [10^4 \text{ha} / \text{頭}] / \text{乳牛の診療費} [\text{千円}]$$

$$\dots \dots \dots (1-14)$$

$$\text{酪農家の満足度}$$

$$= \text{経営主の満足度} + 2 \dots \dots \dots (1-15)$$

本研究で用いた頭数は各年次の成牛換算頭数とした。ただし，乳量については経産牛頭数を用いた。また，満足度は1999年と2010年，満足度以外は1998年および2009年のデータを用いた。

### 3. 結果および考察

#### (1) 経済性

経済性については，JA鹿追町組合員勘定に加入する酪農専業農家のうち，1998年の133戸と2009年の108戸に関する比較結果をFig.2-1に示した。

##### 1) 農業粗収入

鹿追町酪農全体の農業粗収入は，1998年が7,027百万円，2009

年が 10,032 百万円であった。1 頭あたり農業粗収入では、1998 年が 527 千円/頭、2009 年が 684 千円/頭であった。鹿追町酪農全体の農業粗収入は 43 % の増加、1 頭あたり農業粗収入では 30 % の増加であった。農業粗収入は、生乳代が 80 % 以上を占めていた。鹿追町酪農全体の生乳による収入は 1998 年が 5,696 百万円、2009 年が 8,066 百万円であった。また、1 頭あたり生乳代では 1998 年が 427 千円/頭、2009 年が 550 千円/頭であった。したがって、生乳による収入の増大が農業粗収入の増加へつながったと思われた。

## 2) 農業支出

鹿追町酪農全体の農業支出は、1998 年が 5,032 百万円、2009 年が 7,435 百万円であった。1 頭あたり農業支出は、1998 年が 378 千円/頭、2009 年が 507 千円/頭であった。鹿追町酪農全体の農業支出は 48 % の増加、1 頭あたり農業支出では 34 % の増加となった。農業支出において最も大きい項目が全体の 30 % を占める購入飼料費である。鹿追町全体の飼料による支出は、1998 年が 1,905 百万円、2009 年が 2,615 百万円であった。また、1 頭あたり飼料費は 1998 年が 143 千円/頭、2009 年が 178 千円/頭であった。購入飼料由来の支出の上昇が農業支出の増加へつながったと考えられた。

## 3) 農業所得

鹿追町酪農全体の農業所得は、1998 年が 1,995 百万円、2009 年

が 2,597 百万円であった。1 頭あたり農業所得は、1998 年が 150 千円/頭、2009 年が 177 千円/頭であった。鹿追町酪農全体の農業所得は 30 % の増加、1 頭あたり農業所得では 18 % の増加となった。1998 年に比べ 2009 年において農業支出は増加したが、農業粗収入もそれを上回る増加であったため農業所得の増加につながった。

#### 4) 農業所得率

農業所得率は、1998 年が 28 %、2009 年が 26 % であった。したがって、農業所得率を維持しながら農業所得を増加させてきたことが示唆された。

### (2) エネルギー

エネルギーについては、JA 鹿追町組合員勘定に加入する酪農専業農家のうち 1998 年の 133 戸、2009 年の 108 戸に関する比較結果を Fig.2-2 に示した。

#### 1) 投入化石エネルギー

鹿追町酪農全体の投入化石エネルギーは、1998 年が  $5.1 \times 10^5$  GJ、2009 年が  $5.3 \times 10^5$  GJ であった。単位面積あたり投入化石エネルギーは、1998 年が 100 GJ/ha、2009 年が 102 GJ/ha であった。鹿追町酪農全体の投入化石エネルギーおよび単位面積あたり投入化石エネルギー共に、大きな変化はなかった。



投入化石エネルギーについて大部分を占めるのが購入飼料である。1998年と2009年の購入飼料量を Table 2-6 に示した。飼料の多くは海外から輸送されているためにエネルギーも高く算出された。投入化石エネルギーのうち購入飼料由来のエネルギーの占める割合は1998年が43%、2009年が49%であった。鹿追町酪農全体の購入飼料由来の投入化石エネルギーは、1998年が $2.2 \times 10^6$  GJ、2009年が $2.5 \times 10^6$  GJであった。単位面積あたり購入飼料由来の投入化石エネルギーは、1998年が43 GJ/ha、2009年が49 GJ/haであった。したがって、飼料由来の投入化石エネルギーは13%増加した。

購入飼料の次に投入化石エネルギーを占める割合が高いのは、化学肥料であった。1998年と2009年の化学肥料購入量を Table 2-7 に示した。化学肥料由来のエネルギーについて検証すると、鹿追町酪農全体では、1998年が $8.0 \times 10^4$  GJ、2009年が $7.2 \times 10^4$  GJであった。単位面積あたり化学肥料由来の投入化石エネルギーは、1998年が16 GJ/ha、2009年が14 GJ/haであった。化学肥料による投入化石エネルギーは低下したが、飼料による投入化石エネルギーは増加したため、投入化石エネルギーの総量に変化はなかった。

## 2) 産出エネルギー

鹿追町酪農全体の産出エネルギーは、1998年が $2.3 \times 10^4$  GJ、2009年が $2.9 \times 10^5$  GJであった。単位面積あたり産出エネルギーは、1998

年が 45 GJ/ha, 2009 年が 56 GJ/ha であった。鹿追町酪農全体の産出エネルギーは 28 % の増加, 単位面積あたり産出エネルギーでは 25 % の増加となった。

酪農場の産出エネルギーは生乳のカロリーである。出荷生乳量について比較すると, 1998 年が  $7.5 \times 10^4$  t, 2009 年が  $9.5 \times 10^4$  t であった。出荷生乳量の増加は, 鹿追町全体の飼養頭数の増加, 購入飼料の増加と自給飼料から供給される TDN 量の向上によるものと示唆された。1998 年と 2009 年の自給飼料 TDN 収量の変化を Table 2-8 に示した。したがって, 出荷生乳量の増加が産出エネルギーの増加に反映したと考えられた。

### 3) エネルギー投入産出比

エネルギー投入産出比は, 1998 年の 2.2 から 2009 年の 1.8 に減少し, エネルギー効率が向上したことが示唆された。自給飼料 TDN 生産量が増えたことにより, 購入飼料を抑え, 生産性を上げたことがエネルギー効率向上につながったと考えられた。

### (3) 環境負荷

環境負荷の指標である余剰窒素については, JA 鹿追町組合員勘定に加入する酪農専業農家のうち, 1998 年の 133 戸と 2009 年の 108 戸に関する比較結果を Fig.2-3 に示した。

## 1) 投入窒素

鹿追町酪農全体の投入窒素は、1998年が  $2.3 \times 10^6$  kgN、2009年が  $2.2 \times 10^6$  kgNであった。単位面積あたり投入窒素は、1998年が 450 kgN/ha、2009年が 430 kgN/haであった。鹿追町酪農全体の投入窒素および単位面積あたり投入窒素共に、大きな変化はなかった。エネルギー同様に投入窒素においても大部分が購入飼料および化学肥料由来の窒素であった。

投入窒素に占める購入飼料由来窒素の割合は、1998年が 59 %、2009年が 66 %であった。また、化学肥料由来窒素の割合は、1998年が 24 %、2009年が 23 %であった。

鹿追町酪農全体の購入飼料による投入窒素は、1998年が  $1.4 \times 10^6$  kgN、2009年が  $1.5 \times 10^6$  kgNであった。また、単位面積あたり購入飼料由来の窒素は 1998年が 265 kgN/ha、2009年が 280 kgN/haであった。1998年に比べると2009年では若干増加した。

鹿追町酪農全体の化学肥料による投入窒素は、1998年が  $5.6 \times 10^5$  kgN、2009年が  $5.1 \times 10^5$  kgNであった。同様に、単位面積あたり投入窒素は、1998年が 110 kgN/ha、2009年が 97 kgN/haであった。化学肥料による投入窒素は低下したが、飼料による投入窒素は増加したため、総投入窒素に変化はなかった。

## 2) 産出窒素

鹿追町酪農全体の産出窒素は，1998年が $6.0 \times 10^5$  kgN，2009年が $6.6 \times 10^5$  kgNであった。単位面積あたり産出窒素は，1998年が117 kgN/ha，2009年が139 kgN/haであった。鹿追町酪農全体の産出窒素は8%増加し，単位面積あたり産出窒素では5%の増加となった。

主な産出窒素は出荷生乳量である。鹿追町酪農全体の生乳による産出窒素は，1998年が $3.8 \times 10^5$  kgN，2009年が $4.9 \times 10^5$  kgNであった。同様に，単位面積あたり産出窒素は，1998年が75 kgN/ha，2009年が94 kgN/haであった。したがって，生乳生産量の増加が産出窒素の増加につながったと思われた。

鹿追町は酪農場の他に畑作農場も混在している地域である。酪農場から出されたふん尿は，畑作農場で有機質資材として一部利用されている。酪農場から譲渡されたたい肥を畑作農場が利用しているため，たい肥も産出窒素として算出することが可能である。たい肥譲渡量をTable 2-9に示した。畑作農場へ譲渡されているたい肥量は，1998年で $3.3 \times 10^4$  tに対し，2009年では $4.2 \times 10^4$  tへ29%増加した。また，たい肥窒素含有率およびたい肥窒素量の変化については，Table 2-10に示した。畑作農場へ譲渡した，たい肥窒素量は1998年の $1.8 \times 10^5$  kgNから2009年の $1.9 \times 10^5$  kgNへ7%増加した。また，単位面積あたりたい肥窒素量では1998年で36

kgN/ha, 2009年で37 kgN/haとなり, 3%の増加であった。すなわち, たい肥の譲渡は増加したが, たい肥の窒素含有率が減少したため, たい肥による産出量に変化は生じなかったと考えられた。

### 3) 余剰窒素

鹿追町酪農全体の余剰窒素は, 1998年が $1.7 \times 10^6$  kgN, 2009年が $1.6 \times 10^6$  kgNであった。単位面積あたり余剰窒素は, 1998年が330 kgN/ha, 2009年が290 kgN/haであった。鹿追町酪農全体の余剰窒素は7%, 単位面積あたり余剰窒素は13%の減少となった。1998年と比較し, 投入窒素に著しい変化はなかった。しかし, 産出窒素が増加したことにより余剰窒素の減少につながり, 窒素利用率も26%から33%へ高まった。

### (4) 乳牛の健康状態

乳牛の健康状態はNOSAIに加入する酪農専業農家のうち, 有効なデータを得られた1998年の133戸と2009年の106戸のデータを用いた。

#### 1) 乳牛の診療費

乳牛1頭あたり診療費[千円/頭]の比較結果をFig.2-4に示した。

鹿追町酪農全町あたり診療費は, 1998年が182百万円, 2009年

が 204 百万円であった。成牛換算頭数 1 頭あたり診療費用は、1998 年が 13.3 千円/頭、2009 年が 14.4 千円/頭であった。診療費は、鹿追町全体で 12 %、1 頭あたりで 8 % 増加していた。成牛換算頭数 1 頭あたり診療費は消化器系疾患、泌乳器系疾患、周産期疾患の順に多かった。増加割合では、代謝疾患、感染性疾患、呼吸器系疾患の順に高くなっていた。

## 2) 乳牛の疾病発生回数

乳牛 1 頭あたり疾病発生回数 [回/頭] の比較結果を Fig.2-5 に示した。鹿追町酪農全町あたり疾病発生回数は、1998 年が 11,578 回、2009 年が 16,417 回であった。成牛換算頭数 1 頭あたり疾病発生回数は、1998 年が 0.87 回/頭、2009 年が 1.16 回/頭であった。疾病発生回数は、鹿追町酪農全体で 42 % 増加し、成牛換算頭数 1 頭あたりで 33 % 増加していた。1 頭あたり疾病発生回数では、泌乳器系疾患、生殖器疾患、消化器系疾患の順に多かった。増加割合は、感染性疾患、血液・造血臓器疾患、呼吸器系疾患の順に高くなっていた。特に、泌乳器系疾患が増加した理由としては、頭数規模の拡大もあり、飼料収穫期以外の作業時間が、経営主は 7 時間から 9 時間、配偶者では 6 時間から 8 時間へ、共に 2 時間延びていた。すなわち、規模拡大により作業が増え、1 頭 1 頭の牛に対して管理が行き届かなくなっているためと推測した。

## (5) 酪農家の満足度

### 1) 経営主の満足度

経営主の満足度は、JA 鹿追町組合員勘定に加入する酪農専業農家のうち有効回答を得た 1999 年の 100 名と 2010 年の 101 名に関する比較結果について、質問事項 A を Fig.2-6、質問事項 B を Fig.2-7 に示した。なお、満足度は平均値であらわした。また、満足度は、1999 年における群と 2010 年における群の変化を評価し、個人の変化は検証していない。平均年齢は、1999 年で 46 歳、2010 年で 52 歳に変化し 6 歳平均年齢が高まった。質問事項 A の平均満足度は、1999 年 0.52、2010 年 0.66 で 0.14 高まったが、評価は 1999 年同様に満足（平均値が  $0.5 \leq \bar{S} < 1.5$  の範囲内）であった。質問事項 B の平均満足度は、1999 年 0.55、2010 年 0.33 で 0.22 低下し、評価も満足（平均値が  $0.5 \leq \bar{S} < 1.5$  の範囲内）から普通（平均値が  $-0.5 \leq \bar{S} < 0.5$  の範囲内）へ低下した。1999 年に比べ特に満足度の高まった項目は、「住宅に満足できる」、「車や家具などに不自由しない」および「仕事が社会のためになっている」であった（ $P < 0.05$ ）。また、特に満足度の低下した項目は、「体力がついてこない」、「休日が思うようにとれない」、「家族間の作業分担が難しい」、「時間に追われて落ち着けない」および「自分の技術や能力が生かせない」であった（ $P < 0.05$ ）。

以上の結果から、質問事項 A では、物資面の満足度は高まったが、質問事項 B では、特に精神面・時間面の満足度低下が示唆された。

## 2) 配偶者の満足度

配偶者の満足度は、JA 鹿追町組合員勘定に加入する酪農専業農家のうち有効回答を得た 1999 年の 48 名と 2010 年の 72 名に関する比較結果について、質問事項 A を Fig.2-8、質問事項 B を Fig.2-9 に示した。配偶者の平均年齢は、1999 年で 44 歳、2010 年で 51 歳に変化し、7 歳平均年齢が高まった。質問事項 A の平均満足度は、1999 年 0.38、2010 年 0.59 となり 0.21 高まり、評価は普通（平均値が  $-0.5 \leq \bar{S} < 0.5$  の範囲内）から満足（平均値が  $0.5 \leq \bar{S} < 1.5$  の範囲内）となった。質問事項 B の平均満足度は、1999 年 0.44、2010 年 0.29 となり 0.15 低下したが、評価は 1999 年同様に普通（平均値が  $-0.5 \leq \bar{S} < 0.5$  の範囲内）となった。1999 年に比べ特に満足度の高まった項目は「所得（給料）が確保できる」、「住宅に満足できている」および「車や家具などに不自由しない」であった（ $P < 0.05$ ）。また、特に満足度の低下した項目は「体力がついてこない」、「休日が思うようにとれない」および「時間に追われて落着けない」であった（ $P < 0.05$ ）。配偶者も経営主同様に、物資面の満足度は高まったが、精神面、時間面の満足度低下が示唆された。



#### 4. まとめ

本章では、鹿追町酪農生産システムに対し、5指標による多面的評価を実施し、1998年と2009年を比較した。比較により変化した点、不変な点の把握および10年前に残された提起の方向性を検討した。

5指標をレーダーチャートにより表現した結果を Fig.2-10a, Fig.2-10b に示した。Fig.2-11a は乳牛の健康状態を診療費で表した場合、Fig.2-11b では乳牛の健康状態を疾病発生回数で表した場合である。

1998年と比較し2009年では、農業所得は向上し、投入化石エネルギーおよび余剰窒素は若干減少し良好となった。乳牛の診療費では、大きな変化はなかったが、乳牛の疾病発生回数では1998年と比較すると悪化傾向にあることを示していた。また、1999年および2010年の経営主の満足度に変化は認められなかった。環境指標に関しては、化学肥料による投入窒素の削減と生乳による産出窒素が増加したため評価が高まったと考えられた。また、乳牛の疾病では、特に泌乳器系疾患、消化器系疾患は依然として発生割合が多く、呼吸器系疾患は増加傾向にあった。特に、泌乳器系疾患が増加した理由としては、飼養頭数が増加したことから、管理が手薄になったためと推測した。さらに、人間福祉では、「住宅に満足できる」など、

物資面に関する満足度の向上が認められ、「体力がついていかいない」、「休日がとれない」など、精神面・時間面に関する満足度の低下が示されたが、30項目の平均では変化は認められなかった。

### 第Ⅲ章

#### 十勝地方鹿追町酪農における北海道施肥ガイド 2010 に

#### 基づいた余剰窒素の目標値および許容値

##### 1. 目的

第Ⅱ章の1998年と2009年の比較から、鹿追町酪農生産システムでは、余剰窒素が1998年の340 kgN/haから2009年の290 kgN/haへ低下していた。しかし、これまでは、余剰窒素に関する基準が報告されていないため、道東の草地型酪農地帯の浜中町の余剰窒素105 kg/ha（三浦 [24]）と比較すると、鹿追町の環境負荷は著しく高い状況にあると評価されてきた。このように、地域、経営形態、飼養形態および飼料作物品種の異なる地域間において、ファームゲートバランス法を用いた評価や比較には限界が生じると思われた。したがって、地域や経営形態が変化しても比較可能な共通の評価方法を設け、現状を考慮した根拠のある数値を提示する必要がある。

目標値および許容値を設ける方針として、北海道施肥ガイド 2010 に基づいた検討を行った。北海道施肥ガイド 2010 は、行政が指導の指針に用いており、地域別に、気象、土壌や飼料作物品種を考慮した施肥対応となっている。さらに、施肥標準量に従うことで、地下水の硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の基準値 10 mg/L を超えない条

件となる。

目標値および許容値を後述のように定義付けた。目標値は、十勝地方の鹿追町の特徴である畑酪混同地帯をいかし、施肥標準に畑作へのふん尿移動を考慮した場合とした。しかし、目標値は、やや厳しい条件となるため、許容値を設定した。許容値は、施肥標準のカリウムを除外し、窒素のみを施肥標準として考え、さらに、畑作農場へのふん尿移動も考慮した。この場合、カリウムがやや過剰になるため、作物への影響は避けられず、家畜の健康状態への影響につながってしまう。しかし、河川への影響を考えると、カリウムは窒素に比べ環境中への影響は少ないため、カリウムを除外した条件を設定した。

上記より、北海道施肥ガイド 2010 の施肥標準を基に、ふん尿の還元可能量から飼養可能頭数を設定することで、余剰窒素の目標値および許容値の算定が可能になると考えた。

本章の目的は、北海道施肥ガイド 2010 に基づき、飼養可能頭数を算定し、その際に生じる余剰窒素から目標値および許容値を定め、現状の余剰窒素について再考することである。

## 2. 方法

### (1) 調査対象

評価方法の検討には、畑酪混同地帯の鹿追町酪農専業農家群を対象とした。

(2) 畑酪混同地帯におけるふん尿還元量の設定条件と畑作農場へのたい肥譲渡を加味した余剰窒素の算出

余剰窒素の目標値および許容値の算出型を Table 3-1 に示した。畑酪混同地帯である鹿追町では、採草地と飼料用トウモロコシ畑でふん尿を利用する場合、さらに近隣の畑作農場でふん尿を利用した場合について検討を行った。なお、①ふん尿還元量の窒素およびカリウムのどちらも、標準施肥量を超過しないように設定した場合、②①に畑作農場へたい肥譲渡を加味した場合(目標値)、③ふん尿還元量の窒素のみが標準施肥量を超過しないように設定した場合および、④③に畑作農場へたい肥譲渡を加味した場合(許容値)の4つの型を検討した。

(3) 余剰窒素の目標値および許容値の算定手順

1) 施肥標準を用いた採草地における余剰窒素の算定手順

施肥標準を用いた採草地における余剰窒素の算定手順を Table 3-2 に示した。採草地における余剰窒素は、①～⑧の手順で算出した。

2) 施肥標準を用いた飼料用トウモロコシ畑における余剰窒素の算定手順

施肥標準を用いた飼料用トウモロコシ畑における余剰窒素の算定手順は、採草地の①を除いた手順で算出した。

3) 畑作物が利用可能なふん尿量とその頭数

畑作農場において、施用可能な単位面積あたりふん尿上限量から飼養可能頭数を算定した。その分の頭数は、酪農場で飼養できるとした。

4) 自給飼料では不足する窒素養分の算定

鹿追町経営面積の飼養頭数に対し、自給飼料では、窒素養分が不足する場合、不足窒素量分の濃厚飼料窒素を算定した。

5) 鹿追町酪農における余剰窒素目標値と許容値の算出

採草地、飼料用トウモロコシおよび畑作農場について、それぞれで算出した、マメ科窒素固定、濃厚飼料、化学肥料、生乳およびふん尿などを合算した後に、単位面積あたりに換算し、余剰窒素を算出した。

(4) 余剰窒素の目標値および許容値の算出方法

1) 採草地

① マメ科牧草による窒素固定量

マメ科率に基づき、マメ科の固定窒素量を算出した（北海道立根釧農業試験場 [8]）。なお、アンケート調査から鹿追町酪農場平均乾物マメ科率は 13.4 %であった。算出方法は、第 II 章に準じた。

### ② 北海道施肥ガイドに基づく窒素およびカリウム施肥量の設定

北海道施肥ガイド 2010 に基づき、窒素およびカリウムの施肥量を設定した。窒素施肥量は、マメ科率に基づいて設定されている。設定条件を Table 3-3 に示した。なお、リン酸の肥効率は、窒素やカリウムより低いため、ふん尿による施肥制限量を定める要因とならないため、ここではリン酸を除外し、窒素とカリウムを条件とした。

### ③ 乳牛飼養可能頭数の設定

乳牛飼養可能頭数は、②の施肥標準量を基に、ふん尿還元可能量から飼養可能頭数を算出した。乳牛のふん尿の肥料養分量およびそれぞれの排泄量の原単位および肥効率を Table 3-4 に示した（北海道立根釧農業試験場 [10]）。また、乳牛飼養可能頭数の算出は、施肥標準量の窒素上限あたりのふん尿量が何頭分であるか、施肥標準量のカリウム上限あたりのふん尿量で何頭分になるのかをそれぞれ求めた。その際に、単位面積あたり頭数の大きい方を選択すると、もう一方の、施肥標準がふん





から 2 産分娩までの成雌牛では要求量の 130 %，2 産から 3 産分娩までは 115 % の補正を行った。なお，鹿追町では，平均産次数が 2.5 産であったため，107.5 % の補正を行った。

維持に必要な窒素要求量 [gN/600kgW]

$$= (\text{CP} [\text{g}] / 6.25) \times \text{補正係数} [\%] \dots \dots \dots (3-4)$$

維持に必要な TDN 要求量 [kgTDN/600kgW]

$$= \text{TDN} [\text{kg}] \times \text{補正係数} [\%] \dots \dots \dots (3-5)$$

乳牛が産乳に必要とする CP (窒素) および TDN を Table 3-5 に示した (独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 [3])。以下に，産乳に必要とする窒素および TDN を求める式を示した。

産乳に必要な窒素要求量 [gN/ (kg・milk) (FAT%)]

$$= \text{乳量} [\text{kg}/\text{頭}] \times (\text{CP} [\text{g}] / 6.25) \dots \dots \dots (3-6)$$

産乳に必要な TDN 要求量 [kgTDN/ (kg・milk) (FAT%)]

$$= \text{乳量} [\text{kg}/(\text{頭} \cdot \text{日})] \times \text{TDN} [\text{kg}] \dots \dots \dots (3-7)$$

増体に伴う養分要求量の補正 (CFA) を行った (独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 [3])。増給割合 % は，乳量 15 kg につき維持と産乳を加えた養分量を分離給与の場合 4 %，TMR の場合 3.5 % 増給した。鹿追町では，7 割の農場が TMR を利用していたため，補正係数を 3.65 % に設定した。以

下に窒素要求量および TDN 要求量を求める式を示した。

$$\begin{aligned} & \text{窒素要求量 [kgN/ (頭・日)]} \\ & = (\text{維持に必要な窒素} + \text{産乳に必要な窒素}) \times \text{CFA} \\ & \dots \dots \dots (3-8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{TDN 要求量 [kgTDN/ (頭・日)]} \\ & = (\text{維持に必要な TDN} + \text{産乳に必要な TDN}) \times \text{CFA} \\ & \dots \dots \dots (3-9) \end{aligned}$$

⑥ 採草地からの窒素および TDN 収量の算出

採草地からの窒素および TDN 収量の算出条件を Table 3-6 に示した。牧草収量は、1 番草および 2 番草のそれぞれの値を引用し、(農業試験場天北農業試験場・北海道立根釧農業試験 [30])。牧草の窒素および TND 含有率は、日本飼養標準 2006 (独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 [3]) から引用した。また、乾物収量については、飼料調製中の損失率 20 % (野 [29]) を見込んだ。採草地からの窒素および TDN 収量は、1 番草窒素収量と 2 番草窒素収量の合計とした。以下に採草地からの窒素および TDM 収量の求める式を示した。

$$\begin{aligned} & \text{1 番草窒素収量および 2 番草窒素収量 [kgN/ha]} \\ & = (\text{採草地面積 [ha]} \times \text{単位面積あたり牧草収量 [kg/ha]}) \\ & \quad \times \{(\text{乾物 CP [\%]} / 100) / 6.25\} \text{ [kgN/ha]} \end{aligned}$$

..... (3-10)

採草地からの窒素収量 [kgN/ha]

= 1 番草窒素収量 [kgN/ha] + 2 番草窒素収量 [kgN/ha]

..... (3-11)

1 番草 TDN 収量および 2 番草 TDN 収量 [kgTDN/ha]

= (採草地面積 [ha] × 単位面積あたり牧草収量 [kg/ha])

× (TDN [%] / 100 [kgTDN/ha])

..... (3-12)

採草地からの TDN 収量 [kgTDN/ha]

= 1 番草 TDN 収量 [kgTDN/ha] + 2 番草 TDN 収量

[kgTDN/ha] ..... (3-13)

⑦ 自給飼料では不足する分の窒素および TDN 養分の算定

乳牛の養分要求量に対して、自給飼料生産では不足する窒素および TDN 養分を算定した。以下に、窒素不足分を求める式を示した。

自給飼料窒素不足量 [kgN/ha]

= 自給飼料窒素 [kgN/ha] - 乳牛の窒素要求量 [kgN/ha]

..... (3-14)

自給飼料 TDN 不足量 [kgTDN/ha]

= 自給飼料 TDN [kgTDN/ha] - 乳牛の TDN 要求量

$$[\text{kgTDN/ha}] \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (3-15)$$

#### ⑧ 生乳からの産出窒素

一定乳量を想定した際の、生乳の産出窒素を求めた。なお、鹿追町平均値から、1頭あたり日乳量を 22.5 kg/(頭・日)、乳蛋白を 3.3 %とした。以下に生乳からの産出窒素を求める式を示した。

$$\begin{aligned} & \text{生乳窒素} [\text{kgN/ha}] \\ & = \text{採草地飼養可能頭数あたり年間乳量} [\text{kg/ha}] \times (\text{乳蛋白率} \\ & \quad [\%] / 100) / 6.38 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (3-16) \end{aligned}$$

### 2) 飼料用トウモロコシ畑

#### ① 北海道施肥ガイドに基づく施肥量の設定

飼料用トウモロコシ畑における、北海道施肥ガイドに基づいた施肥量の条件を Table 3-7 に示した (北海道農政部 [7])。飼料用トウモロコシについても草地同様、リンは肥効率が低く、ふん尿による施肥制限量を定める要因にはならないため、窒素およびカリウムを検討条件とした。

#### ② 乳牛飼養可能頭数の設定

飼料用トウモロコシ畑における、乳牛の年間排泄養分の肥料養分量およびそれぞれの排泄量の原単位および肥効率を Table 3-8 に示した。飼養可能頭数の選択および算出方法は採草地の

飼養可能頭数の設定に準じた。

③ ふん尿で賄えない分の窒素肥料の補給

採草地で述べた方法に準じた。

④ 乳牛が年間に必要とする窒素および TDN 要求量

採草地で述べた方法に準じた。

⑤ 飼料用トウモロコシ畑からの窒素および TDN 収量の算出

飼料用トウモロコシ畑からの窒素および TDN 収量の条件を Table 3-9 に示した。飼料用トウモロコシ収量は、十勝の農業 2012 の鹿追町における値を引用し(十勝総合振興局[38])、CP 含有率および TDN 含有量は鹿追町の実際値を使用した。以下に飼料用トウモロコシ畑からの窒素収量を求める式を示した。

$$\begin{aligned} & \text{飼料用トウモロコシ畑窒素収量 [kgN/ha]} \\ & = (\text{飼料用トウモロコシ面積 [ha]} \times \text{単位面積あたり飼料用} \\ & \quad \text{トウモロコシ収量 [kg/ha]}) \times \{(\text{乾物 CP [\%]} / 100) / 6.25\} \\ & \quad \text{[kgN/ha]} \dots \dots \dots (3-17) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{飼料用トウモロコシ畑 TDN 収量 [kgTDN/ha]} \\ & = (\text{飼料用トウモロコシ面積 [ha]} \times \text{単位面積あたり飼料用} \\ & \quad \text{トウモロコシ収量 [kg/ha]}) \times (\text{乾物 TDN [\%]} / 100) \\ & \quad \text{[kgTDN/ha]} \dots \dots \dots (3-18) \end{aligned}$$

⑥ 自給飼料では不足する分の窒素および TDN 養分の算定

採草地で述べた方法に準じた。

⑦ 生乳からの産出窒素

採草地で述べた方法に準じた。

3) 畑作農場

作物ごとの施肥量および有機物投入上限量を Table 3-10 に示した。作物の品目ごとに、投入可能なふん尿上限量から飼養可能頭数を算定した（北海道立根釧農業試験場 [10]）。なお、鹿追町では、主に小麦畑に有機物が投入されるが、ここでは甜菜にもふん尿を投入することとした。また、ここで算出された頭数は、酪農場で飼養できる頭数と考えた。

4) 購入飼料量の算出

採草地、飼料用トウモロコシ畑および畑作地におけるふん尿還元可能量から算出した飼養可能頭数に対し、自給飼料から得られた窒素が不足する場合、濃厚飼料で不足分を補った。また、自給飼料からでは窒素、TDN とともに不足する場合は、TDN を濃厚飼料量に換算し、その濃厚飼料に含まれる窒素量を、濃厚飼料からの窒素量とした。なお、TDN から変換した窒素量では、乳牛の養分要求量に満たない場合は、不足分を濃厚飼料窒素量として補った。TDN 不足量を濃厚飼料量へ換算する際の TDN 含有率を 72 %、

濃厚飼料量を窒素量へ換算する際の CP を 18 % とした。以下に式を示した。

$$\begin{aligned} & \text{濃厚飼料量 [kg/ha]} \\ & = \text{TDN 要求量 [kgTDN/ha]} \div \text{TDN [\%]} \cdots \cdots (3-19) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{飼料窒素量 [kg/ha]} \\ & = \text{濃厚飼料量 [kg/ha]} \times \{ (\text{CP [\%]} / 100) / 6.25 \} \\ & \cdots \cdots \cdots (3-20) \end{aligned}$$

### 3. 結果および考察

①～④までの余剰窒素の目標値および許容値に関する結果を Table 3-10 に示した。

(1) ①の条件（ふん尿還元量の窒素およびカリウムのどちらも、標準施肥量を超過しないように設定した場合）

#### 1) 採草地

マメ科牧草による窒素固定量は、 $2.2 \times 10^5$  kgN/ha であった。

採草地における飼養可能頭数は、ふん尿施用量が窒素規制で飼養可能頭数が 1.9 頭/ha、ふん尿施用量がカリウム規制で飼養可能頭数が 1.6 頭/ha であった。すなわち、カリウムを飼養可能頭数として選択すると窒素養分が施肥標準を超えてしまうため、カ

リウムあたり飼養可能頭数である 1.6 頭/ha を選択した。したがって、採草地における飼養可能頭数は、5,144 頭となった。また、カリウムあたり飼養可能頭数の選択に伴い、ふん尿からの窒素成分が不足したため、施肥標準量に対してふん尿では不足する分の窒素肥料  $9.9 \times 10^4$  kgN/ha を化学肥料で補った。

採草地からの窒素収量は、 $3.3 \times 10^5$  kgN/ha、TDN 収量は、 $1.3 \times 10^7$  kgN/ha であった。また、採草地飼養可能頭数における年間の窒素要求量は、 $7.1 \times 10^5$  kgN/ha、TDN 要求量は、 $2.3 \times 10^7$  kgN/ha であった。また、生乳による産出窒素は、 $2.2 \times 10^5$  kgN/ha であった。

## 2) 飼料用トウモロコシ畑

飼料用トウモロコシ畑における飼養可能頭数は、窒素あたり飼養可能頭数が 3.3 頭/ha、カリウムあたり飼養可能頭数が 1.4 頭/ha であった。したがって、飼料用トウモロコシ畑の飼養可能頭数は 1.4 頭/ha となり、飼料用トウモロコシ畑飼養頭数は、2,561 頭となった。飼養可能頭数はカリウムによるものが上限量であったことから、施肥標準量に対してふん尿では不足する分の窒素化学肥料を  $1.5 \times 10^5$  kgN/ha とした。

飼料用トウモロコシ畑からの窒素収量は、 $2.4 \times 10^5$  kgN/ha、TDN 収量は、 $1.3 \times 10^7$  kgN/ha であった。また、飼料用トウモロ



コシ畑飼養可能頭数における年間の窒素要求量は、 $3.5 \times 10^5$  kgN/ha、TDN 要求量は、 $1.1 \times 10^7$  kgN/ha であった。

### 3) 鹿追町酪農あたり余剰窒素

採草地および飼料用トウモロコシ畑の飼養可能頭数から、鹿追町酪農の飼養可能頭数は 7,705 頭であった。すなわち、単位面積あたり飼養可能頭数は 1.5 頭/ha となった。

鹿追町酪農における単位面積あたりマメ科窒素固定量は 42 kgN/ha、化学肥料は 48 kgN/ha、濃厚飼料は 94 kgN/ha となり、投入窒素は 184 kgN/ha であった。また、産出窒素となる生乳からの窒素は 62 kgN/ha であった。したがって、余剰窒素は 121 kgN/ha と算定した。

## (2) ②の条件（①の条件に畑作農場へのたい肥譲渡を加味した場合）

採草地および飼料用トウモロコシ畑の試算値については①の条件に準じた。

### 1) 畑作農場

鹿追町畑作の品目は、主に小麦、甜菜、豆類および馬鈴薯であった。しかし、馬鈴薯は病気、豆類は窒素固定があることを考慮し除外したことから、ここでは、小麦と甜菜にふん尿を還元する

ことを条件とした。

小麦畑および甜菜畑における飼養可能頭数は、3,568 頭/ha であった。また、畑作農場の飼養可能頭数分窒素および TDN 要求量は全て濃厚飼料で補う必要があった。飼養可能頭数の窒素要求量は  $5.0 \times 10^5$  kgN/ha, TDN 要求量は  $1.6 \times 10^7$  kgTDN/ha となった。さらに、産出窒素に関わるふん尿窒素は  $1.9 \times 10^5$  kgN/ha, 生乳窒素は  $1.5 \times 10^5$  kgN/ha となった。

## 2) 鹿追町酪農あたり余剰窒素

採草地、飼料用トウモロコシ畑ならびに畑作農場の飼養可能頭数から、鹿追町酪農の飼養可能頭数は 11,273 頭であった。すなわち、単位面積あたり飼養可能頭数は 2.2 頭/ha となった。

鹿追町酪農における単位面積あたりマメ科窒素固定量は 42 kgN/ha, 化学肥料は 48 kgN/ha, 濃厚飼料は 188 kgN/ha となり、投入窒素は 278 kgN/ha であった。また、産出窒素となる生乳からの窒素は 91 kgN/ha, ふんによる窒素は 35 kgN/ha となり、産出窒素は 127 kgN/ha であった。したがって、余剰窒素は 151 kgN/ha と算定した。

(3) ③の条件（ふん尿還元量の窒素のみが標準施肥量を超過しないように設定した場合）

## 1) 採草地

マメ科牧草による窒素固定量は、 $2.2 \times 10^5$  kgN/ha であった。

採草地における飼養可能頭数は、ふん施用量が窒素規制となるため 1.9 頭/ha であった。したがって、採草地における飼養可能頭数は、6,375 頭となった。また、窒素あたり飼養可能頭数の選択に伴い、化学肥料は、ふん尿からの窒素成分で賄うことが可能であったため、施用の必要はなかった。

採草地飼養可能頭数における年間の窒素要求量は、 $8.9 \times 10^5$  kgN/ha、TDN 要求量は、 $2.3 \times 10^7$  kgN/ha であった。さらに、生乳による窒素は  $2.7 \times 10^5$  kgN/ha であった。

その他、マメ科固定窒素および採草地からの窒素ならびに TDN は①に準じた。

## 2) 飼料用トウモロコシ畑

飼料用トウモロコシ畑における飼養可能頭数は、施肥量に対し、ふん尿窒素が上限量となるため、3.3 頭/ha となった。それに伴い、飼料用トウモロコシ畑飼養可能頭数は、6,190 頭/ha となった。また、化学肥料は、ふん尿からの窒素成分で賄うことが可能であったため、施用の必要はなかった。

飼料用トウモロコシ畑からの窒素収量は、①の条件と準じた。また、飼料用トウモロコシ畑飼養可能頭数における年間の窒素要

求量は、 $8.6 \times 10^5$  kgN/ha、TDN 要求量は、 $2.8 \times 10^7$  kgTDN/ha であった。

### 3) 鹿追町酪農あたり余剰窒素

採草地および飼料用トウモロコシ畑の飼養可能頭数から、鹿追町酪農の飼養可能頭数は 12,565 頭であった。すなわち、単位面積あたり飼養可能頭数は 2.4 頭/ha となった。

鹿追町酪農における単位面積あたりマメ科窒素固定量は 42 kgN/ha、化学肥料は 0 kgN/ha、濃厚飼料は 233 kgN/ha となり、投入窒素は 274 kgN/ha であった。また、産出窒素となる生乳からの窒素は 102 kgN/ha であった。したがって、余剰窒素は 172 kgN/ha と算定した。

(4) ④の条件 (③の条件に畑作農場へのたい肥搬出を加味した場合)

採草地、飼料用トウモロコシ畑および畑作農場における試算値については③の条件に準じた。

### 1) 鹿追町酪農場における余剰窒素の算定

採草地、飼料用トウモロコシ畑および畑作農場における飼養可能頭数から、鹿追町酪農の飼養可能頭数は 16,133 頭であった。すなわち、単位面積あたり飼養可能頭数は 3.1 頭/ha となった。

鹿追町酪農における単位面積あたりマメ科窒素固定量は 42 kgN/ha, 化学肥料は 0 kgN/ha, 濃厚飼料は 354 kgN/ha となり, 投入窒素は 396 kgN/ha であった。また, 生乳からの窒素は 131 kgN/ha, ふん尿による窒素は②の条件同様に 35 kgN/ha となり, 産出窒素は 166 kgN/ha となった。したがって, 余剰窒素は 230 kgN/ha と算定した。

#### (5) 施肥標準を基にした余剰窒素の意味

①～④の条件において, 単位面積あたり飼養可能頭数および窒素収支を算出した。飼養可能頭数は, ①の条件で 1.5 頭/ha, ② 2.2 頭/ha, ③ 2.4 頭/ha ならびに④ 3.1 頭/ha であった。さらに, 余剰窒素は①の条件で 121 kgN/ha, ② 151 kgN/ha, ③ 172 kgN/ha ならびに④ 230 kgN/ha であった。

施肥標準に基づき, 試算した余剰窒素①は, 最大で 121 kgN/ha まで余剰窒素を抑えることが可能であると考えた。また, 現状により近い考え方である余剰窒素②は当面の目標値と考えた。余剰窒素④は許容値としたが, カリウムは施肥標準を超えてしまうため, 家畜の健康状態への影響は避けられない。しかし, 窒素による環境負荷という点で, 窒素は施肥標準を超えていないため, 許容値として考えた。したがって, 今後は, 家畜の健康状態にも配慮するために,

許容値から目標値に近づけていく必要がある。

#### (6) 余剰窒素の目標値および許容値算定に関する今後の課題

飼養可能頭数を算定する際に、施肥標準量のカリウムを除外した条件を設定した。環境中への窒素の影響を中心に考えた際の条件設定であるが、本来は家畜の健康状態や土壌のバランスも考慮しなければならない。すなわち、本章では、現状を考慮し、環境面からの評価を行ったが、施肥標準のカリウムについても条件として考えた余剰窒素を用いる必要がある。

本章における余剰窒素の算定では、投入窒素として、マメ科牧草による窒素固定、購入飼料および化学肥料を用いた。さらに、産出窒素としては、生乳と畑作農場へのふん尿の譲渡を用いた。しかし、第Ⅱ章で算出した余剰窒素は、投入窒素として、敷料も用いられている。さらに、産出窒素では、販売個体も用いられており、ふん尿に関してはたい肥としていた。本章で、これらを用いなかった理由として、敷料は、使用する量や種類が農場により異なるため、評価が困難であったためである。すなわち、ふん尿に関しても、たい肥を用いると、敷料の利用方法や攪拌の仕方で窒素含有量が、大きく異なってしまうために、本章ではふん尿を用いた。また販売個体については、投入窒素の全体に占める割合が、数パーセントのため、

余剰窒素に大きな影響を及ぼさないと考え、除外し検討した。

今後、より現状の評価に近づけるために、これらの課題を改善していく検討が必要となる。

#### 4. まとめ

本章では、北海道施肥ガイド 2010 に基づき、飼養可能頭数を算定し、その際に生じる余剰窒素から目標値および許容値を定め、現状の余剰窒素について再考した。

余剰窒素は、①ふん尿還元量の窒素およびカリウムのどちらも、標準施肥量を超過しないように設定した場合、②①に畑作農場へたい肥譲渡を加味した場合（目標値）、③ふん尿還元量の窒素のみが標準施肥量を超過しないように設定した場合および、④③に畑作農場へたい肥譲渡を加味した場合（許容値）の4つの型を検討した。

施肥標準を用いた余剰窒素の算出は、施肥標準量に対するふん尿の還元量から飼養可能頭数を定め、自給飼料で不足する栄養量、乳量などを算定することで、余剰窒素を算出した。

飼養可能頭数は、①の条件で 1.5 頭/ha、② 2.2 頭/ha、③ 2.4 頭/ha ならびに④ 3.1 頭/ha であった。さらに、余剰窒素は①の条件で 121 kgN/ha、② 151 kgN/ha、③ 172 kgN/ha ならびに④ 230 kgN/ha であった。

施肥標準に基づき、試算した余剰窒素①は、最大で 121 kgN/ha まで余剰窒素を抑えることが可能であると考えた。また、現状により近い考え方である余剰窒素②は当面の目標値と考えた。余剰窒素④は許容値としたが、カリウムは施肥標準を超えてしまうため、家畜の健康状態への影響も考えられる。しかし、窒素による環境負荷という点で、窒素は施肥標準を超えていないため、許容値として考えた。したがって、今後は、家畜の健康状態にも配慮するために、許容値から目標値に近づけていく必要がある。



## 第IV章

### 乳牛の健康状態と経営要因との因果関係

#### 1. 目的

十勝地方鹿追町酪農において、1998年に比べ2009年では、疾病発生回数が多くなり、健康状態に若干問題が生じていた。乳牛の疾病が多発することで、経営に対する影響や農業従事者への精神的負担は過大になる。したがって、乳牛の健康状態の悪化につながる経営要因の追求が必要であった。さらに、乳牛の健康状態が悪化することで生じる、経営要因への影響も明らかにすることで、経営状況をさらに明確にした。

本章の目的は、鹿追町酪農生産システムにおいて、乳牛の健康状態とその他指標との因果関係を明らかにすることである。具体的には、①乳牛飼養頭数、濃厚飼料購入量、乳量、乳飼比および従業員数が乳牛の健康状態に及ぼす影響を検討した。さらに、②乳牛の健康状態が経済性、経営主ならびに配偶者の満足度および飼料収穫期ならびに飼料収穫期以外の作業時間に与える影響を検討した。なお、①の従業員数が乳牛の健康状態に及ぼす影響では、作業上の影響が大きいと考えられる泌乳器系疾患との関係も明らかにした。また、②の乳牛の健康状態が経営主ならびに配偶者の満足度と与える影響

では，酪農場で最も発生の多いと考えられる，泌乳器系疾患との関係についても追求した。

## 2. 方法

### (1) 調査対象

調査対象は第Ⅱ章と同様に，鹿追町酪農専業農家である。調査対象戸数に関して，乳牛飼養頭数，濃厚飼料購入量，乳量，乳飼比，従業員数と乳牛の健康状態の関係では，農協組合員勘定の組合員ならびに NOSAI に加入する 101 戸である。

経済性と乳牛の健康状態の関係については，個人経営と法人経営では所得の算出方法が異なるため，農協組合員勘定の組合員および鹿追町 NOSAI に加入する酪農場のうち個人経営 89 戸を対象とした。

飼料収穫期における作業時間と乳牛の健康状態の関係については，アンケートの有効回答者および鹿追町 NOSAI に加入する，経営主 83 名，配偶者 59 名である。さらに，飼料収穫期における作業時間以外と乳牛の健康状態の関係については，経営主 89 名，配偶者 63 名である。

満足度と乳牛の健康状態の関係については，アンケートの有効回答者および鹿追町 NOSAI に加入する経営主 94 名，配偶者 67 名とした。満足度については，泌乳器系疾患との関係も検討したが，有

効データは満足度と同一である。

## (2) 調査項目および調査方法

### 1) 乳牛の健康状態

乳牛の健康状態は、診療費および疾病発生回数を用いた。算出方法は、第Ⅱ章に準じた。

### 2) 乳牛飼養頭数

乳牛飼養頭数は、成牛換算頭数を用いた。なお、乳牛飼養頭数は、鹿追町農協より提供された乳牛飼養頭数実態調査のデータより算出した。

### 3) 濃厚飼料購入量

濃厚飼料購入量は、鹿追町農協組合勘定の濃厚飼料購入金額から濃厚飼料購入量を推定した。購入飼料の割合は、配合飼料 60 %，単味飼料 24 %，乾草 2 %，ビートパルプ 14 %であった。本研究では、配合飼料および単味飼料を濃厚飼料とした。

### 4) 乳量

乳量は、乳牛飼養実態調査の年間乳量を用いた。なお、1頭あたり乳量は、経産牛頭数あたり乳量とした。

### 5) 乳飼比

乳飼比は、生乳販売代金に対する購入飼料費の割合である。以下

に求める式を示した。

乳飼比 [%]

= 購入飼料費 [円] / 生乳販売代金 [円] × 100 ··· · (4-1)

6) 従業員数

従業員数は、JA 鹿追町の 2010 年における労働力一覧を用いた。

7) 経済性

経済性は、農業所得ならびに農業所得率を用いた。算出方法は第 II 章に準じた。

8) 満足度

満足度は、アンケート調査よりデータを収集した。評価方法は第 II 章に準じた。

### 3. 結果および考察

(1) 乳牛飼養頭数，濃厚飼料購入量，乳量および乳飼比が乳牛の健康状態に及ぼす影響

1) 乳牛飼養頭数と乳牛の健康状態との関係

乳牛飼養頭数 [頭] と乳牛の総診療費 [千円] および乳牛飼養頭数 [頭] と乳牛の総疾病発生回数 [回] の関係では、どちらも、1% 水準で有意な正の相関が認められた ( $r = 0.928^{**}$ ,  $r = 0.923^{**}$ )。しかし、乳牛飼養頭数 [頭] と乳牛 1 頭あたり診療

費 [千円/頭] および乳牛飼養頭数 [頭] と乳牛 1 頭あたり疾病発生回数 [回/頭] では、有意な相関は認められなかった ( $r = -0.044$ ,  $r = -0.038$ )。すなわち、総頭数が増えた分、乳牛の疾病も増えたことを示していた。それぞれの散布図を Appendix 3-1 ~ 3-4 に掲載した。

## 2) 濃厚飼料購入量と乳牛の健康状態との関係

濃厚飼料購入量 [t] と乳牛の総診療費 [千円] と濃厚飼料購入量 [t] と乳牛の総疾病発生回数 [回] との関係では、どちらも 1% 水準で有意な正の相関が認められた ( $r = 0.906^{**}$ ,  $r = 0.885^{**}$ )。すなわち、飼養頭数が増加した分濃厚飼料の購入量も増えたため、乳牛の疾病が増えたと考えられた。それぞれの散布図を Appendix 3-5 ~ 3-6 に掲載した。

1 頭あたり濃厚飼料購入量 [kg/頭] と乳牛 1 頭あたり診療費 [千円/頭] との関係を Fig.4-1 に示した。1 頭あたり濃厚飼料購入量と乳牛 1 頭あたり診療費の間には、非常にバラつきは大きいですが、1% 水準で有意な正の相関が認められた ( $r = 0.260^{**}$ )。一方、1 頭あたり濃厚飼料購入量 [kg/頭] と乳牛 1 頭あたり疾病発生回数 [回/頭] との関係を Fig.4-2 に示した。1 頭あたり濃厚飼料購入量と乳牛 1 頭あたり疾病発生回数との間には、有意な相関は認められなかった ( $r = 0.163$ )。したがって、濃厚飼料は重篤な疾病

に關与していると考えられた。

### 3) 出荷乳量と乳牛の健康状態との關係

出荷乳量 [t] と乳牛の總診療費 [千円] および出荷乳量 [t] と乳牛の總疾病發生回数 [回] との關係では、1%水準で有意な正の相関が認められた ( $r=0.903^{**}$ ,  $r=0.908^{**}$ )。頭數が増加した分出荷乳量が増えたことから、相関は高くなったと考えられた。また、1頭あたり出荷乳量 [kg/頭] と乳牛1頭あたり診療費 [千円/頭] および1頭あたり出荷乳量 [kg/頭] と乳牛1頭あたり疾病發生回数 [回数/頭] との關係では、有意な相関が認められなかった ( $r=0.011$ ,  $r=0.028$ )。それぞれの散布図を Appendix 3-7 ~ 3-10 に掲載した。

### 4) 乳飼比と乳牛の健康状態との關係

乳飼比 [%] と乳牛の總診療費 [千円] との關係を Fig.4-3 に示した。乳飼比と乳牛診療費の間には1%水準で有意な正の相関が認められた ( $r=0.339^{**}$ )。さらに、乳飼比 [%] と乳牛の總疾病發生回数 [回] との關係を Fig.4-4 に示した。乳飼比と乳牛の總疾病發生回数の間には1%水準で有意な正の相関が認められた ( $r=0.302^{**}$ )。すなわち、總診療費および總疾病發生回数は乳飼比が高い農場ほど高まる傾向にあった。

乳飼比 [%] と乳牛1頭あたり診療費 [千円/頭] との關係を

Fig.4-5 に示した。バラつきは非常に大きいですが、乳飼比と乳牛 1 頭あたり診療費の間には、1%水準で有意な正の相関が認められた ( $r=0.267^{**}$ )。すなわち、さらに、乳飼比 [%] と乳牛 1 頭あたり疾病発生回数 [回数/頭] との関係を Fig.4-6 に示した。乳飼比と乳牛 1 頭あたり疾病発生回数の間には、非常に大きなバラつきではあるが、5%水準で有意な正の相関が認められた ( $r=0.224^*$ )。すなわち、1 頭あたり診療費と 1 頭あたり疾病発生回数は乳飼比が高まるに伴い多くなる傾向にあった。

#### 5) 従業員数と乳牛の健康状態との関係

従業員数 [名] と乳牛の総診療費 [千円] および従業員数 [名] と乳牛の総疾病発生回数 [回/頭] との関係では、1%水準で有意な正の相関が認められた ( $r=0.657^{**}$ ,  $r=0.607^{**}$ )。一方で、従業員数 [名] と乳牛の 1 頭あたり診療費 [千円/頭] および従業員数 [名] と乳牛の 1 頭あたり疾病発生回数 [回/頭] との関係では、有意な相関は認められなかった ( $r=0.134$ ,  $r=0.162$ )。すなわち、従業員数の多い農場は頭数規模も大きく、農場全体の疾病は多くなるが、1 頭あたり疾病の増加には関与していなかった。それぞれの散布図を Appendix 3-11~3-14 に掲載した。

#### 6) 従業員数と泌乳器系疾患との関係

酪農生産システムにおいて、搾乳は主となる作業であるが、搾

り方の違いなどによる，ストレスで乳房炎の多発につながると考えられた。すなわち，雇用の多い，鹿追町では従業員の多い農場は，泌乳器系疾患が多いと考えられた。

従業員数 [名] と泌乳器系疾患総診療費 [千円] および従業員数 [名] と泌乳器系疾患総疾病発生回数 [回] との関係では，有意な正の相関が認められた ( $r=0.546^{**}$ ,  $r=0.560^{**}$ )。しかし，従業員数 [名] と1頭あたり泌乳器系疾患診療費 [千円/頭] および従業員数 [名] と1頭あたり泌乳器系疾患発生回数 [回/頭] との関係では，有意な相関は認められなかった ( $r=0.082$ ,  $r=0.094$ )。すなわち，従業員のが多いことで，泌乳器系疾患の多発につながっていなかった。それぞれの散布図を Appendix 3-15~3-18 に掲載した。

## (2) 乳牛の健康状態が経済性および満足度に与える影響

### 1) 乳牛の健康状態と経済性

#### ① 乳牛の健康状態と農業所得

乳牛の総診療費 [千円] ならびに乳牛の総疾病発生回数 [回] と総農業所得 [千円] の関係では，いずれも 1%水準で有意な正の相関が認められた ( $r=0.564^{**}$ ,  $r=0.565^{**}$ )。それぞれの散布図を Appendix 3-19~3-20 に掲載した。



1頭あたり診療費〔千円/頭〕と乳牛1頭あたり農業所得〔千円/頭〕の関係を Fig.4-7 に示した。乳牛1頭あたり診療費と1頭あたり農業所得の間には、5%水準で有意な負の相関が認められた ( $r = -0.210^*$ )。傾向としては、バラツキが大きく、全体的に1頭あたり農業所得が10万円～30万円の範囲で推移していた。

乳牛1頭あたり疾病発生回数 回/頭と1頭あたり農業所得 千円/頭の関係を示した。乳牛1頭あたり疾病発生回数と1頭あたり農業所得の間には、バラツキが生じているが、1%水準で有意な負の相関が認められた ( $r = -0.322^{**}$ )。傾向として、1頭あたり疾病発生回数が1.5回/頭以下の農場は全体の9割と多く、1頭あたり農業所得は10万円～30万円の範囲に分散していた。また、1頭あたり疾病発生回数が1.5回/頭以上の農場は全体の1割と少なく、1頭あたり農業所得は4万円～25万円となっていた。

## ②乳牛の総診療費と農業所得率

乳牛の総診療費 千円と農業所得率 % の関係を Fig.4-9 に示した。乳牛の総診療費と農業所得率の間には、5%水準で有意な負の相関が認められた ( $r = -0.266^*$ )。すなわち、農業所得率は総診療費の高い農場ほど低下する傾向にあった。さらに、

乳牛の総疾病発生回数 回と農業所得率 % の関係を Fig.4-10 に示した。乳牛の総疾病発生回数と農業所得率の間には、非常にバラツキが生じているが、1%水準で有意な負の相関が認められた( $r = -0.296^{**}$ )。したがって、乳牛の総疾病発生回数は、農業所得率への影響は高いことが明らかとなった。

乳牛1頭あたり診療費 [千円/頭] と農業所得率 [%] の関係を Fig.4-11 に示した。乳牛1頭あたり診療費と農業所得率の間には、1%水準で有意な負の相関が認められた ( $r = -0.352^{**}$ )。傾向としては、1頭あたり診療費が1万6千円付近から、農業所得率がやや低くなっていた。また、乳牛1頭あたり疾病発生回数 [回/頭] と農業所得率 [%] の関係を Fig.4-12 に示した。乳牛1頭あたり疾病発生回数と農業所得率の間には1%水準で有意な負の相関が認められた ( $r = -0.437^{**}$ )。1頭あたり疾病発生回数は、農業所得率低下の一要因であった。

## 2) 乳牛の健康状態と経営主の作業時間

乳牛の総診療費 [千円] ならびに乳牛の総疾病発生回数 [回] と経営主の飼料収穫期における作業時間 [h/日] および乳牛の1頭あたり診療費 [千円/頭] ならびに乳牛の1頭あたり疾病発生回数 [回/頭] と経営主の飼料収穫期における作業時間 [h/日] の関係では、いずれも、有意な相関は認められなかった ( $r = -0.080$ ,  $r$

= - 0.132,  $r = - 0.008$ ,  $r = - 0.097$ )。それぞれの散布図を Appendix 3-21~3-24 に掲載した。

乳牛の総診療費 [千円] と経営主の飼料収穫期以外における作業時間 [h/日] との関係を図.4-13 に示した。乳牛の総診療費と経営主の飼料収穫期における作業時間の間には、5%水準で有意な正の相関が認められた ( $r = 0.240^*$ )。また、乳牛の総疾病発生回数 [回] と経営主の飼料収穫期における作業時間 [h/日] との関係を Fig.4-14 に示した。乳牛の総疾病発生回数と経営主の飼料収穫期以外における作業時間の間には、5%水準で有意な正の相関が認められた ( $r = 0.208^*$ )。すなわち、乳牛の総疾病発生回数が多くなるにつれ作業時間は長くなる傾向にあった。しかし、乳牛の1頭あたり診療費 [千円/頭] ならびに1頭あたり疾病発生回数 [回/頭] と経営主の飼料収穫期以外における作業時間 [h/日] との関係では、有意な相関は認められなかった ( $r = 0.030$ ,  $r = - 0.050$ )。すなわち、飼料収穫期以外では、経営主も圃場作業が少なくなることや、総飼養頭数が増加したことで、獣医師への対応時間も増えるため、労働時間の延長につながったと考えられた。作業時間と1頭あたり疾病との関係は Appendix 3-25~3-26 に掲載した。

### 3) 乳牛の健康状態と配偶者の作業時間

乳牛の総診療費 [千円] ならびに乳牛の総疾病発生回数 [回] と配偶者の飼料収穫期における作業時間 [h/日] および乳牛の 1 頭あたり診療費 [千円/頭] ならびに乳牛の 1 頭あたり疾病発生回数 [回/頭] と配偶者の飼料収穫期における作業時間 [h/日] との関係では、いずれも、有意な相関は認められなかった ( $r = -0.036$ ,  $r = -0.070$ ,  $r = -0.066$ ,  $r = -0.136$ )。それぞれの散布図を Appendix 3-27~3-30 に掲載した。

乳牛の総診療費 [千円] ならびに乳牛の総疾病発生回数 [回] と配偶者の飼料収穫期以外における作業時間 [h/日] および乳牛の 1 頭あたり診療費 [千円/頭] ならびに 1 頭あたり疾病発生回数 [回/頭] と配偶者の飼料収穫期以外における作業時間 [h/日] との関係では、それぞれ有意な相関は認められなかった ( $r = 0.015$ ,  $r = -0.137$ ,  $r = -0.017$ ,  $r = -0.135$ )。それぞれの関係は Appendix 3-31~3-34 に掲載した。

#### 4) 経営主の満足度と乳牛の健康状態

乳牛の総診療費 [千円] ならびに総疾病発生回数 [回] と経営主の満足度および乳牛 1 頭あたり診療費 [千円/頭] ならびに乳牛 1 頭あたり疾病発生回数 [回/頭] と経営主の満足度との関係では、いずれも有意な相関は認められなかった ( $r = -0.052$ ,  $r = -0.039$ ,  $r = -0.079$ ,  $r = -0.111$ )。それぞれの関係は Appendix 3-35~3

－ 38 に掲載した。

酪農生産システムにおいて、乳房炎が多発することで搾乳時に神経質になることやバケツ搾乳が必要になるなど、精神面への負担は大きいと考えられた。しかし、泌乳器系疾患総診療費 [千円] ならびに泌乳器系疾患総疾病発生回数 [回] と経営主の満足度および 1 頭あたり泌乳器系疾患診療費 [千円/頭] ならびに 1 頭あたり泌乳器系疾患疾病発生回数 [回/頭] と経営主の満足度との関係では、いずれも有意な相関は認められなかった ( $r = -0.058$ ,  $r = -0.065$ ,  $r = -0.113$ ,  $r = -0.153$ )。それぞれの関係は Appendix 3-39～3-42 に掲載した。

#### 5) 乳牛の健康状態と配偶者の満足度

乳牛の総診療費 [千円] ならびに乳牛の総疾病発生回数 [回] と配偶者の満足度との関係では、有意な相関は認められなかった ( $r = -0.171$ ,  $r = -0.190$ )。それぞれの関係は Appendix 3-43～3-44 に掲載した。

乳牛 1 頭あたり診療費 [千円/頭] と配偶者の満足度との関係を Fig.4-15 に示した。乳牛 1 頭あたり診療費と配偶者の満足度の間には、5% 水準で有意な負の相関が認められた ( $r = -0.241^*$ )。さらに、乳牛 1 頭あたり疾病発生回数 [回/頭] と配偶者の満足度との関係を Fig.4-16 に示した。乳牛 1 頭あたり疾病発生回数と

配偶者の満足度の間には，1%水準で有意な負の相関が認められた ( $r = -0.325^{**}$ )。したがって，配偶者の満足度は，1頭あたり疾病発生回数により影響を受けていることが明らかとなった。

泌乳器系疾患総診療費 [千円] と配偶者の満足度との関係を Fig.4-17 に示した。泌乳器系疾患総診療費と配偶者の満足度の間には，5%水準で有意な負の相関が認められた ( $r = -0.282^*$ )。さらに，泌乳器系疾患総疾病発生回数 [回] と配偶者の満足度との関係を Fig.4-18 に示した。泌乳器系疾患総疾病発生回数と配偶者の満足度の間には，5%水準で有意な負の相関が認められた ( $r = -0.302^*$ )。

1頭あたり泌乳器系疾患診療費 [千円/頭] と配偶者の満足度との関係を Fig.4-19 に示した。1頭あたり泌乳器系疾患診療費と配偶者の満足度の間には，1%水準で有意な負の相関が認められた ( $r = -0.342^{**}$ )。また，1頭あたり泌乳器系疾患疾病発生回数 [回/頭] と配偶者の満足度との関係を Fig.4-20 に示した。1頭あたり泌乳器系疾患疾病発生回数と配偶者の満足度の間には，1%水準で有意な負の相関が認められた ( $r = -0.426^{**}$ )。すなわち，泌乳器系疾患では，1頭あたり発生回数が最も，配偶者の満足度へ影響しており，乳房炎が増えることで，搾乳作業が煩雑になるためと考えられた。

### (3) 経営主と配偶者の作業上の相違点

満足度と疾病の関係では、経営主よりも配偶者の方が強く疾病の影響を受けていた。配偶者で乳牛の健康状態との関係が強い要因として、作業工程の違いが関わっていると考えられた。主な作業についてのアンケート結果を Table 4-1 に示した。アンケートは、作業の中で多く時間をかけているものを 2 つ選択する形式で行った。なお、アンケートの結果は、満足度および疾病データについて、有効回答の得られた、経営主 87 名と配偶者 69 名である。酪農家の主な作業である、搾乳作業については、経営主、配偶者共に、最も多い回答であった。経営主では、飼料調節および給餌作業、ふん尿処理作業が次いで多かった。配偶者では、子牛の管理作業、個体管理（診療・受精を含む）作業の順に多い回答であった。

鹿追町酪農において、経営主、配偶者共に搾乳作業が主であったが、飼料収穫期になると経営主は、麦稈巻き作業や飼料収穫などがあるため、搾乳作業や個体管理については配偶者への負担が大きいと考えられた。すなわち、乳房炎の発生が多くなる夏場では、乳房炎の症状のない牛であっても、翌日に、乳房炎にかかるおそれがあるという、精神的負担は大きいと考えられる。特に、乳量の多い牛に対しては、その負担は計り知れないと思われる。さらに、配偶者では、飼料収穫期に経営主は圃場に出ていることが多いため、獣医

師への対応もしなければならず，負担は大きくなっていると思われた。

#### 4. まとめ

本章では，鹿追町酪農システムにおいて乳牛飼養頭数，濃厚飼料購入量，乳量，乳飼比および従業員数が乳牛の健康状態に及ぼす影響を検討した。なお，従業員数は，雇用の多い鹿追町において，作業上の違いなどで，乳牛へのストレスが大きいと考え検討項目とした。なお，従業員数が乳牛の健康状態に及ぼす影響では，作業上の影響が大きいと考えられる泌乳器系疾患との関係も明らかにした。さらに，乳牛の診療費および疾病発生回数が農業所得，農業所得率，飼料収穫期の作業時間，飼料収穫期以外の作業時間，経営主の満足度，配偶者の満足度に与える影響についても検討した。また，満足度への影響では，酪農場で最も発生の多いと考えられ，増えることでストレスの原因にもなり得る，泌乳器系疾患に着目し，泌乳器系疾患診療費および疾病発生回数と経営主および配偶者の満足度の関係についても検討した。それぞれの結果を Table 4-2 にまとめた。

乳牛の健康状態に及ぼす影響では，乳飼比による影響が大きかった。特に，乳飼比が高まることで，第四変胃などの重篤な病気が増えると考えられ，より診療費への影響が高まったと思われた。



乳牛の健康状態が与える影響では、特に、1頭あたり診療費および1頭あたり疾病発生回数が増加することで、1頭あたり農業所得および農業所得率の低下につながっていた。さらに、乳牛の総診療費および総疾病発生回数の多い農場ほど、経営主の飼料収穫期以外の作業時間も長くなっていた。その理由として、飼養頭数の増加に伴い、獣医師への対応時間が増えたことや自ら治療にあたる時間が増加したためと考えられた。また、配偶者では、特に、1頭あたり泌乳器系疾患発生回数が増えることで、満足度は低下した。満足度低下の理由として、乳房炎が増加することで、通常の搾乳ができないため、神経質になることや乳房炎を発病していない牛が翌日には、乳房炎を発病するのではないかという精神的ストレスが大きいためと考えられた。

## 第 V 章

### 各種要因が経営主と配偶者の満足度に及ぼす影響

#### 1. 目的

第 II 章の 11 年前との比較結果より，経営主，配偶者ともに物資面の満足度は向上していたが，精神面および時間面の満足度は低下していた。さらに，第 IV 章では，乳牛の健康状態が経営主と配偶者の満足度に及ぼす影響の検討を行い，配偶者の満足度は乳牛の健康状態により影響を受けることが明らかとなった。しかし，乳牛の健康状態と経営主の満足度との関係は認められず，更なる検討が必要であると考えられた。配偶者においても満足度へ影響を及ぼす要因の詳細な検討は行っておらず，更なる解析が必要と思われた。

本章の目的は，経営要因が経営主および配偶者の満足度に及ぼす影響要因を検討することである。経営要因としては，経済的指標である年間農業所得，1 頭あたり農業所得，農業所得率を用い，さらに，乳牛飼養頭数，年間乳量，1 頭あたり乳量，年間濃厚飼料購入量，1 頭あたり濃厚飼料購入量，飼料収穫期の作業時間，飼料収穫期以外の作業時間および乳飼比を用い，経営主ならびに配偶者の満足度に及ぼす影響について検討した。

## 2. 方法－調査対象地と調査対象数－

調査対象は第Ⅱ章と同様に、鹿追町酪農専業農家である。調査対象戸数に関して、経済性、乳牛飼養頭数、濃厚飼料購入量、乳量、乳飼比および経営主の満足度の関係では、農協組合員勘定の組合員かつアンケートの有効回答者である101名を対象とした。また、配偶者では、72名を対象とした。

作業時間と経営主の満足度の関係では、飼料収穫期の作業時間と経営主の満足度については、アンケートで有効回答を得た89名、飼料収穫期以外の作業時間と経営主の満足度では、95名を対象とした。さらに、配偶者では、飼料収穫期の作業時間について64名、飼料収穫期以外の作業時間について、68名を対象とした。

## 3. 結果

### (1) 経済性と経営主の満足度との関係

年間農業所得〔千円〕、1頭あたり農業所得〔千円/頭〕ならびに農業所得率〔%〕と経営主の満足度との関係では、いずれも有意な相関は認められなかった ( $r=0.108$ ,  $r=0.183$ ,  $r=0.196$ )。すなわち、経済性は、経営主の満足度への影響は低いことが明らかとなった。それぞれの関係は Appendix 4-1～4-3 に掲載した。

(2) 乳牛の飼養頭数と経営主の満足度との関係

乳牛の飼養頭数〔頭〕と経営主の満足度との間には、有意な相関は認められなかった( $r = -0.005$ )。したがって、経営主の満足度は、飼養頭数の増加が直接的に影響していないことが示された。それぞれの関係は Appendix 4-4 に掲載した。

(3) 出荷乳量と経営主の満足度との関係

年間乳量〔kg〕ならびに 1 頭あたり乳量〔kg/頭〕と経営主の満足度との関係では、バラツキは大きく、有意な相関は認められなかった ( $r = 0.008$ ,  $r = -0.010$ )。それぞれの関係は Appendix 4-5 ~ 4-6 に掲載した。

(4) 濃厚飼料購入量と経営主の満足度との関係

年間濃厚飼料購入量〔kg〕ならびに 1 頭あたり濃厚飼料購入量〔kg/頭〕と経営主の満足度との関係では、有意な相関は認められなかった ( $r = -0.016$ ,  $r = -0.078$ )。それぞれの関係は Appendix 4-7 ~ 4-8 に掲載した。

(5) 作業時間と経営主の満足度との関係

飼料収穫期における作業時間と経営主の満足度の結果を Fig.5-

1 に示した。飼料収穫期における作業時間 [h/日] と経営主の満足度との間には，1%水準で有意な負の相関が認められた ( $r = -0.351^{**}$ )。さらに，飼料収穫期以外における作業時間と経営主の満足度の結果を Fig.5-2 に示した。飼料収穫期以外における作業時間 [h/日] と経営主の満足度との間にも，1%水準で有意な負の相関が認められた ( $r = -0.320^{**}$ )。したがって，経営主の満足度は，作業時間が長なるに伴い，低下傾向にあることが明らかとなった。

#### (6) 乳飼比と経営主の満足度との関係

乳飼比 [%] と経営主の満足度の結果を Fig.5-3 に示した。乳飼比と経営主の満足度との間には，有意な相関は認められなかった ( $r = -0.093$ )。すなわち，乳飼比は経営主の満足度と関係性は低いことが明らかとなった。

#### (7) 経済性と配偶者の満足度との関係

年間農業所得 [千円]，1頭あたり農業所得 [千円/頭] ならびに農業所得率 [%] と配偶者の満足度との関係は，いずれにも有意な相関は認められなかった ( $r = 0.039$ ， $r = 0.164$ ， $r = 0.168$ )。それぞれの関係は Appendix 4-9～4-11 に掲載した。

(8) 乳牛の飼養頭数と配偶者の満足度との関係

乳牛の飼養頭数〔頭〕と配偶者の満足度との間には、有意な相関は認められなかった ( $r = -0.020$ )。すなわち、飼養頭数による配偶者の満足度への影響は低いことが明らかとなった。散布図を Appendix 4-12 に掲載した。

(9) 乳量と配偶者の満足度との関係

年間乳量〔kg〕ならびに 1 頭あたり乳量〔kg/頭〕と配偶者の満足度との関係では、有意な相関は認められなかった ( $r = -0.006$ ,  $r = 0.105$ )。したがって、乳量による満足度への影響は低いと考えられた。それぞれの関係は Appendix 4-13~4-14 に掲載した。

(10) 濃厚飼料購入量と配偶者の満足度との関係

年間濃厚飼料購入量〔kg〕と配偶者の満足度との関係では、有意な相関は認められなかった ( $r = -0.076$ )。散布図を Appendix 4-15 に掲載した。また、1 頭あたり濃厚飼料購入量と配偶者の満足度との間には、非常にバラツキが大きく、有意な相関は認められなかったが、1 頭あたり濃厚飼料購入量が多くなることで、満足度は低下傾向にあると思われた ( $r = -0.212$ )。これは、濃厚飼料が乳牛の疾病を増加させる一要因であるためと考えられた。1 頭あたり濃厚

飼料購入量[kg/頭]と配偶者の満足度の関係を Fig.5-4 に示した。

(11) 作業時間と配偶者の満足度との関係

飼料収穫期における作業時間ならびに飼料収穫期以外における作業時間と配偶者の満足度との関係では、いずれも有意な相関は認められず、関係性は低いと思われた ( $r = -0.050$ ,  $r = -0.164$ )。それぞれの関係は Appendix 4-16~4-17 に掲載した。

(12) 乳飼比と配偶者の満足度との関係

乳飼比 [%] と配偶者の満足度の結果を Fig.5-5 に示した。乳飼比と配偶者の満足度との間には、5%水準で有意な負の相関が示された ( $r = -0.286^*$ )。したがって、乳飼比が高い農場の配偶者ほど、満足度は低下傾向にあることが明らかとなった。

4. まとめ

本章では、第II章および第IV章の結果を受け、経営要因が経営主および配偶者の満足度に及ぼす影響要因を検討した。経営要因として、経済指標である、年間農業所得、1頭あたり農業所得、農業所得率を用い、さらに、乳牛飼養頭数、年間乳量、1頭あたり乳量、年間濃厚飼料購入量、1頭あたり濃厚飼料購入量、飼料収穫期の作

業時間，飼料収穫期以外の作業時間および乳飼比を用い，経営主ならびに配偶者の満足度に及ぼす影響について検討した。それぞれの相関関係を Table 5 にまとめた。

経営主の満足度では，飼料収穫期の作業時間ならびに飼料収穫期以外の作業時間の長いほど，満足度は低下する傾向にあった。作業時間の延長は，規模が拡大したことで，麦稈巻きの時間が延びたことや，それに加え飼料調製量の増加や疾病増加への対応などが増えたためと推測した。その他指標と経営主の満足度との間に関係性は認められなかった。

配偶者の満足度では，乳飼比との間に 5%水準で有意な負の相関が認められた。配偶者では，乳飼比の他にも乳牛の疾病が満足度低下要因であった。また，乳飼比は，乳牛の疾病増加要因であったことから，配偶者の満足度低下に関係したと考えられた。



## 第 VI 章

### 総合考察

#### 1. 個別酪農場における評価の推移

第 II 章では、鹿追町酪農家の置かれている状況を、明らかにした。第 VI 章では、第 II 章から第 V 章までの検討に加え、個別農場の推移を明確にすることで、11 年間の推移の傾向を解明した。

##### (1) 経済性

1998 年から 2009 年の間に離農した農家を含まず、同農場である 107 戸を対象に 1 頭あたり農業所得[千円/頭]および農業所得率[%]の推移を検証した。1 頭あたり農業所得の個別の推移には、有意な差が認められた ( $P < 0.05$ )。1 頭あたり農業所得の向上した農場は 76 % となり、低下した農場は 24 % であった。また、農業所得率の個別の変化には、有意差は認められなかった ( $P > 0.05$ )。農業所得率の向上した農場は 57 %、低下した農場は 43 % となり、やや向上した農場の割合が高かった。すなわち、鹿追町酪農の経済評価の向上は、個々の農場における 1 頭あたり農業所得が高まったことで、鹿追町酪農の経済評価の向上につながっていると考えられた。

## (2) エネルギー

1998年および2009年における、107戸の単位面積あたり投入化石エネルギー [GJ/ha] および単位面積あたり産出エネルギーの推移を検証した。投入化石エネルギーの個別による推移は、有意差は認められなかった ( $P > 0.05$ )。投入化石エネルギーが高まった農場は56%、低下した農場は44%の現状であった。11年前と比較すると、およそ4割の農場で、投入化石エネルギーを低下させたことが明らかとなった。一方、産出エネルギーの個別による推移には、有意差が認められた ( $P < 0.05$ )。産出窒素の向上した農場は66%、低下した農場は34%であった。したがって、第II章で明らかとなった、エネルギー効率の向上は産出エネルギーが高まったことが一要因と考えられた。

## (3) 環境負荷

1998年および2009年における、107戸の単位面積あたり投入窒素 [kgN/ha] および単位面積あたり産出窒素の推移を検証した。投入窒素の個別による推移には、有意差が認められなかった ( $P > 0.05$ )。投入窒素が高まった農場は、54%、低下した農場は46%という現状にあった。さらに、産出窒素の個別による推移には、有意差が認められた ( $P < 0.05$ )。産出窒素の高まった農場は62%、

低下した農場は 38 %であった。すなわち、農家別の産出窒素の推移は大きく、第Ⅱ章であげた化学肥料削減の他に、産出窒素の推移が余剰窒素低下の要因としてあげられた。

#### (4) 家畜福祉

1998年および2009年における、107戸の1頭あたり診療費〔千円/頭〕および1頭あたり疾病発生回数〔回/頭〕の推移を検証した。1頭あたり診療費の個別による推移には有意差が認められなかった ( $P > 0.05$ )。1頭あたり診療費の高まった農場は 53 %、低下した農場は 47 %であった。1998年および2009年における、107戸の1頭あたり疾病発生回数〔回/頭〕の推移を検証した。1頭あたり診療費の個別による推移には、有意差が認められた ( $P < 0.05$ )。1頭あたり疾病発生回数の高まった農場は 85 %、低下した農場は 15 %であった。したがって、個々の農場で疾病発生回数は非常に多くなり、満足度や作業時間への影響と深く関係したと考えられた。

#### (5) 人間福祉

##### 1) 経営主における満足度の推移

1999年および2010年の間に離農した農家を含まず、同一人物の経営主 63名を対象に満足度の変化を検証した。ポジティブな

質問事項ならびにネガティブな質問事項の個別による推移には、有意差が認められた ( $P < 0.05$ )。ポジティブな質問事項で、満足度の高まった経営主は、67 %、低下した経営主は、33 %であった。さらに、ネガティブな質問事項で、満足度の高まった経営主は、40 %、低下した経営主は 60 %であった。すなわち、同経営主の満足度の推移は大きく、11年前に比べ、暮らしが豊かになったと感じる経営主が多くなり、年齢とともに身体的負担が大きくなっていると感じる経営主も増えたことが明確になった。

## 2) 配偶者における満足度の推移

1999年および2010年における、配偶者24名の満足度の推移を検証した。ポジティブな質問事項ならびにネガティブな質問事項の個別による推移には、有意差が認められなかった ( $P > 0.05$ )。また、推移の割合は、ポジティブな質問事項で、満足度の高まった配偶者は、58 %、低下した配偶者は、42 %であった。さらに、ネガティブな質問事項で、満足度の高まった配偶者は、29 %、低下した配偶者は 71 %であった。すなわち、統計的な有意差は認められなかったが、ネガティブな質問事項で、満足度が若干低下傾向にあると考えられた。

## 2. 余剰窒素の許容値による分類および各農家群の特徴と課題

第Ⅲ章では、北海道施肥ガイドに基づき、ふん尿還元可能量から単位面積あたりの飼養頭数を設定し、その際に生じる余剰窒素を算出した。施肥標準の窒素およびカリウムのいずれかが還元可能量上限量に達する場合のふん尿量から飼養頭数可能を設定し、この頭数を飼養した際に生じる余剰窒素を目標値とした。また、施肥標準の窒素のみで、ふん尿還元上限量を設定した場合の頭数を飼養した際に生じる余剰窒素を許容値とした。本章では、許容値およびその際の飼養可能頭数を基に酪農家群を分類することで、現状を詳細に検討した。

#### (1) 余剰窒素の許容値と飼養可能頭数による酪農家群の分類

鹿追町の各酪農家群に関する現状の余剰窒素と飼養密度との関係を散布図に表し、その上に、施肥標準に基づき算出した余剰窒素の許容値 230 kgN/ha とその際の単位面積あたり飼養可能頭数（以下飼養密度）3.1 頭/ha の線を引き、酪農家群を4つに分類した状況を Fig.6-1 に示した。分類によると、A 酪農家群（飼養密度○，余剰窒素○）は 29 %，B 酪農家群（飼養密度○，余剰窒素×）は 51 %，C 酪農家群（飼養密度×，余剰窒素○）は 2 %となり，D 酪農家群（飼養密度×，余剰窒素×）は 18 %であった。すなわち、鹿追町酪農生産システムにおいて、およそ3割の農家群は余剰窒素の許

容値とその際の飼養密度を満たしている状況にあったが、およそ 7 割の農家群は、余剰窒素の許容値もしくは飼養密度を満たしていない状況にあった。余剰窒素の許容値やその際の飼養密度を検討したことにより現状をより明確に把握可能となった。

## (2) 余剰窒素の許容値と飼養可能頭数により分類した酪農家群の現状分析

鹿追町酪農家群を余剰窒素の許容値および飼養密度で分類した結果、環境への配慮が求められる農家群は多く存在した。それぞれの農家群の現状を分析することで、問題点や課題を明らかにした。

### 1) 現状の窒素収支の比較

鹿追町酪農家群における現状の窒素収支に関する内訳の比較を Table 6-1 に示した。

A 酪農家群では、化学肥料および購入飼料由来の窒素が少なく、たい肥の畑作への譲渡が多いことから、現状の余剰窒素は平均で 182 kgN/ha と低かった。投入が少ない要因として、ふん尿の有効活用および飼養密度が低いことから、自給飼料を活用し濃厚飼料の購入量が少なくなっていると推測した。一方、D 酪農家群では、化学肥料および購入飼料由来の窒素が多いため、余剰窒素が高くなったと考えられた。飼養密度を抑え、たい肥の有効活用を推進するこ

とで、余剰窒素を低下させることにつながると思われた。さらに、収容方式に着目すると、A 農家群では、TS（つなぎ）農場 74 %、FS（フリーストール）農場 26 % に対して、D 農家群では、TS 農場は 89 %、FS 農場 11 % であった。TS 農場はバーンクリーナーでたい肥処理を行うことが多く、FS では、ふん尿を分離せずにたい肥処理を行うことが多い。すなわち、A 農家群と D 農家群ではたい肥処理の違いにより、たい肥の有効活用が推進できている要因とも考えられた。

B 酪農家群では、化学肥料由来の窒素が多く、畑作農場へのたい肥の譲渡が少ないため、余剰窒素が高くなっていると思われた。たい肥の有効活用を推進することで、余剰窒素の低下につながると考えられた。また、C 酪農家群では、濃厚飼料由来の窒素は多くなっている。しかし、化学肥料の使用量が少ないことから、たい肥の有効活用を行っている酪農家群であると推測した。さらには、畑作農場へのたい肥譲渡が非常に多いことが、飼養密度が高い状況であっても、余剰窒素を下げていく要因と考えられた。

## 2) 現状の経営要因の比較

鹿追町酪農家群における現状の濃厚飼料、乳量、乳飼比および経済性の比較を Table 6-2 に示した。

A 酪農家群では、濃厚飼料が少ない分乳量も低く、乳飼比を 28 %

に抑えている。さらに、経済面では、1頭あたり農業所得は、200千円/頭と高く、農業所得率は30%であった。すなわち、本研究で定めた、許容値を満たすことで、所得率を下げずに余剰窒素を低くすることが可能であると思われた。また、C酪農家群は余剰窒素の許容値を満たしてはいるが、乳飼比が高く、農業所得率などはA酪農家群に比べ低い。したがって、余剰窒素の許容値、飼養密度共に条件を満たすことが、全体の評価を高めることにつながると思われた。

B酪農家群およびD酪農家群はほぼ同じ状況にあった。濃厚飼料購入量が多いが乳量も高い農家群が集まっている。経済面については、A酪農家群に比べ低くなっているが、濃厚飼料購入量が多くなっていることが要因として考えられた。

### 3. 様々な地域を想定した施肥標準および飼料基盤の違いによる飼養密度および余剰窒素の変化

第Ⅲ章では、北海道十勝地方鹿追町酪農を対象に、北海道施肥ガイド2010を用い飼養可能頭数を算出することで、余剰窒素の目標値および許容値を算出した。しかし、施肥標準量や飼料基盤が異なることで、飼養可能頭数および余剰窒素は変化すると考えられる。したがって、様々な地域を想定し、施肥標準および飼料基盤の違いによる、飼養密度および余剰窒素の変化を検討した。



飼養密度と余剰窒素の変化について、以下項目について検証した。

① 採草地を飼料基盤にした場合の余剰窒素

①－a 施肥標準の窒素およびカリウムを条件とした場合

①－b 施肥標準の窒素を条件とした場合

飼養可能頭数および余剰窒素の算出に用いた条件を Appendix 5-1 に掲載した。

② 採草地と飼料用トウモロコシ畑を飼料基盤にした場合の余剰窒素

②－a 施肥標準の窒素およびカリウムを条件とした場合

②－b 施肥標準の窒素を条件とした場合

採草地と飼料用トウモロコシ畑では、十勝の農業 2012（十勝振興局 [38]）から面積比率を定めた。飼養可能頭数および余剰窒素算出に関する条件を Table 6-3 に示した。

③ 放牧地と採草地を飼料基盤にした場合の余剰窒素

③－a 施肥標準の窒素およびカリウムを条件とした場合

③－b 施肥標準の窒素を条件とした場合

放牧の検討については、「自然循環型酪農（放牧）取組指針」から面積を定めた（北海道農政部 [6]）。なお、放牧地と採草地の飼料基盤では、自然循環型酪農（放牧）取組指針の類型 3, 4 を用いた。また、放牧地の採食量は、「道東地域におけるメドウフェスクの放牧利用法」より引用し（北海道農政部 [9]）、乳量は、公益社団法人

北海道酪農検定検査協会より 2009 年のデータを引用した [20]。飼養可能頭数および余剰窒素の算出に用いた条件を Appendix 5-2 に掲載した。

④ 放牧地，採草地ならびに飼料用トウモロコシ畑を飼料基盤にした場合の余剰窒素

④-a 施肥標準の窒素およびカリウムを条件とした場合

④-b 施肥標準の窒素を条件とした場合

放牧地，採草地と飼料用トウモロコシの飼料基盤では，自然循環型酪農（放牧）取組指針の類型 3，4 を用いた。飼養可能頭数および余剰窒素の算出に用いた条件を Appendix 5-3 に掲載した。

上記の項目について検討したが，本論文では，②採草地と飼料用トウモロコシに論点を絞り論じた。その他の場合の飼養可能頭数と余剰窒素の変化については，Appendix 5-4～5-12 に掲載した。

(1) 採草地と飼料用トウモロコシ畑における余剰窒素の算定

採草地と飼料用トウモロコシ畑における飼養可能頭数および余剰窒素の結果を Table 6-4 に示した。

施肥標準の窒素およびカリウムを条件とした場合，余剰窒素 0.5 kgN/ha が最も低く，飼養可能頭数は 1.4 頭/ha であった。また，余剰窒素 105 kgN/ha が最も高く，飼養可能頭数は 1.6 頭/ha であっ

た。飼養形態の違いにより 102 kgN/ha の差が生じた。さらに，施肥標準の窒素を条件とした場合，余剰窒素 50 kgN/ha が最も低く，飼養可能頭数は 1.3 頭/ha であった。また，余剰窒素 250 kgN/ha が最も高く，飼養可能頭数は 3.2 頭/ha であった。飼養形態の違いにより，200 kgN/ha の差が生じた。すなわち，施肥標準の窒素を条件とした場合，飼養頭数が増えることから，余剰窒素が高くなり，余剰窒素の最小と最大の幅が大きくなった。

余剰窒素の目標値や許容値は施肥標準に基づいた，ふん尿還元量に伴う単位面積あたりの飼養可能頭数を設定することで算出され，地域や条件が変化しても現状を評価する方法として有効な手段であると考えられた。

#### 4. 現地への提言と多面的評価の必要性

多面的評価による 11 年前との比較から，経済性，環境面および酪農従事者の物質的満足度は，良い方向に向かっていた。一方で，家畜の疾病状況は好ましくなく，酪農従事者の満足度についても，精神的満足度は低下傾向にあった。

余剰窒素では，余剰窒素の許容値として，230 kgN/ha およびその際の飼養密度 3.1 頭/ha を設けたことで，酪農家群別に，状況を明らかにすることが可能になった。酪農家群別に状況を分析すると，

飼養密度は満たしているが、余剰窒素の許容値を満たしていない農家群が最も多かった。余剰窒素の高い農家群では、化学肥料が多い状況であった。

乳牛の疾病について、乳飼比の高い農場は疾病発生回数が多い傾向にあった。これは、濃厚飼料の購入量が多いことが要因であると考えられる。良質な粗飼料を生産し濃厚飼料の給与量を削減することが疾病発生の低下につながると考えられた。これにより、乳飼比の低下が可能になると考えられた。

満足度については、経営主では、作業時間の長い経営主ほど満足度は低下し、配偶者の満足度は、乳牛の疾病および乳飼比により影響を受けた。すなわち、経営主では、作業時間の短縮、配偶者では、疾病の減少および乳飼比を下げる必要があるであった。

上記を踏まえ、交換耕作の推進および飼養密度の再考を提言した。鹿追町酪農の特徴である、甜菜、馬鈴薯、小麦の輪作体系の中に、飼料用トウモロコシを組み込み、交換耕作を行うことで、ふん尿の有効活用が可能になり余剰窒素の削減につながると考えた。また、飼養可能頭数を定めた際に、飼養可能頭数を大きく超えた農家群では、交換耕作の推進に伴い、酪農場と畑作農場にふん尿施用が可能になり、飼養密度の低下につながる。さらに、耕畜連携の拡大により、畑作農場の有機物利用面積の拡大につながることで、土づくりや減

肥が期待される。また、飼養密度および余剰窒素の許容値を共に満たしている農家群では、農業所得率が高い状況にあった。すなわち、環境を改善することで、経済面の向上も期待された。

鹿追町酪農では、乳牛の健康状態および満足度についても改善が必要であった。飼料用トウモロコシ作付面積が拡大し、飼料用トウモロコシから TDN を得ることが可能になれば、濃厚飼料の削減にもつながると思われる。すなわち、乳牛の健康状態に影響を与えていた、乳飼比を低下させることで、乳牛の疾病は減少し、それに伴い、経営主の作業時間の短縮および配偶者の満足度向上にもつながると考えた。一方で、経営主の満足度は作業時間に影響を受けていたため、飼料用トウモロコシを増産することで、作業時間の影響は高まると思われるが、鹿追町の特徴である、コントラクターの委託を活用することで、作業負担は軽減されると思われた。さらには、コントラクター事業が推進されることで、地域雇用の促進にもつながり、地域が活性化されると考えられた。したがって、環境を改善することで、経済面、家畜の疾病および満足度の向上にもつながり、多面的評価の観点から、今後、鹿追町全体の評価が高まると考えられた。

単一指標による評価では、様々な面を考慮した評価は困難であったが、多面的に農場を評価したことで、地域の特性をいかした提言

を可能にした。すなわち，単一指標による評価では，一方の問題に気がつきにくい場合があるが，多面的評価を用いることで，幅広い視野で現状を分析可能になった。

## 要約

### 第 I 章 序論

我が国は、高度経済成長に伴い、食生活の多様化や輸入の自由化により国民生活の質は向上した。規模拡大により経済的に豊かになったが、環境面や農業従事者の暮らしにおける質的向上への配慮が求められるようになってきている。

十勝地方鹿追町において、1998年に全酪農場を対象に環境や暮らしの質を含めた多面的な調査が行われ、それに基づいた提言がされた。しかし、鹿追町では提言後の変化については未だ明らかにされておらず、再評価する必要がある。

本研究では、十勝地方鹿追町酪農の5指標による多面的評価を再度実施するとともに、環境、家畜福祉、人間福祉の指標をより詳細な分析を行ったうえで、現状の把握および改善点を検討することを目的とした。

具体的には、1998年と2009年の鹿追町酪農専業農家を対象に5指標による多面的評価を用いた比較を行い、現状の把握を行った。11年前との比較結果に基づき、環境評価の指標である余剰窒素について、その意味を再検討し、より現実に近い評価が可能になるように改善した。また、家畜福祉の指標として、疾病とその他の指標と

の因果関係をより詳細に検討した。さらに，経営主と配偶者の満足度に及ぼす影響要因を解析した。これらを考慮し，鹿追町酪農における将来のあり方について考察し提言した。

## 第Ⅱ章 鹿追町酪農産業システムの多面的評価における 11 年前との比較

本章では，鹿追町酪農産業システムについて，経済性，エネルギー，余剰窒素，家畜の健康状態および酪農従事者の満足度の 5 指標による多面的評価を実施し，1998 年と 2009 年との比較しすることで，変化した点と不変な点の把握をした。

1998 年と 2009 年の鹿追町酪農を比較した結果から，経済性，エネルギー，環境負荷および物資面の満足度は向上した。しかし，乳牛の健康状態では疾病発生回数が増加し，精神面・時間面の満足度は低下したことが明らかとなった。

## 第Ⅲ章 十勝地方鹿追町酪農における北海道施肥ガイド 2010 に基づいた余剰窒素の目標値および許容値

本章では，環境評価の指標として用いている余剰窒素の大小，地域の作付条件により，どのような意味付けとなるのかを明らかにするために，北海道施肥ガイド 2010 に基づき余剰窒素の目標値およ



び許容値を算定した。

施肥ガイドにおける窒素およびカリウムの条件を受け入れた際  
の値である，目標値の余剰窒素は 151 kgN/ha となり，その際の飼養  
可能頭数は，2.2 頭/ha であった。また，カリウム規制を除外した  
より現実的な値である，許容値の余剰窒素は 230 kgN/ha となり，  
飼養可能頭数は 3.1 頭/ha であった。

#### 第Ⅳ章 乳牛の健康状態と経営要因との因果関係

本章では，鹿追町酪農システムにおいて乳牛飼養頭数，濃厚飼料  
購入量，乳量，乳飼比および従業員数と乳牛の健康状態に及ぼす影  
響を検討した。さらに，乳牛の診療費および疾病発生回数が農業所  
得，農業所得率，飼料収穫期の作業時間，飼料収穫期以外の作業時  
間，経営主の満足度，配偶者の満足度に与える影響について明らか  
にした。

乳牛の疾病が多くなる要因としては，乳飼比があげられた。また，  
乳牛の健康状態が悪化することで，影響を受ける指標としては，経  
済面，経営主の飼料収穫期以外における作業時間および配偶者の満  
足度であった。経営主の作業時間に関しては，総飼養頭数が増加し  
たことで，乳牛の疾病も増加し，獣医師への対応が多くなったため  
と考えられた。また，配偶者の満足度に乳牛の健康状態が顕著に影

響したと理由として、乳房炎が増加することで、搾乳時の精神的負担になるためと考えられた。また、重篤な病気の牛に対しては獣医師に依頼するため、拘束時間が長くなるためと考えた。

## 第V章 各種要因が経営主と配偶者の満足度に及ぼす影響

本章では、年間農業所得、1頭あたり農業所得、農業所得率、乳牛飼養頭数、年間乳量、1頭あたり乳量、年間濃厚飼料購入量、1頭あたり濃厚飼料購入量、飼料収穫期の作業時間、飼料収穫期以外の作業時間および乳飼比が経営主および配偶者の満足度に及ぼす影響要因を検討した。

経営主の満足度は、作業時間が長いほど低下する傾向にあった。また、配偶者では、第IV章の乳牛の疾病以外に、乳飼比が高くなるほど、満足度は低下する傾向にあった。特に、飼料収穫期には、麦稈巻きが行われる。麦稈巻きは、天候に左右され、作業が深夜まで行われるため、経営主の満足度へ影響したと考えられた。配偶者では、乳飼比が高くなると、乳牛の疾病が増加するため、乳飼比についても、満足度への影響が高くなったと考えられた。

## 第VI章 総合考察

本章では、①農家単位における評価の推移、②余剰窒素の許容値

と飼養可能頭数による分類および各農家群の特徴と課題，③様々な地域を想定した北海道施肥ガイド 2010 に基づいた余剰窒素算出の応用事例，および④現地への提言と多面的評価の必要性，についてまとめた。

①では，農場および個人の推移を検討した。経済性，環境，乳牛の健康状態および経営主の満足度の推移には，有意な変化があった。すなわち，1998年から2009年までの推移において，離農や世代交代をしていない農場の変化も大きいと思われた。一方，配偶者では，個人の推移に有意な変化は認められず，個人の意識変化による影響は低いことが考えられた。

②では，現状の余剰窒素と飼養密度を，許容値および飼養可能頭数で農家群を分類した。分類によると，余剰窒素と飼養密度ともに許容値を満たしている農場は29%，余剰窒素は許容値を満たしていないが飼養密度を満たしている農場は51%，余剰窒素は許容値を満たしているが飼養密度を満たしていない農場は2%となり，余剰窒素と飼養密度共に許容値を満たしていない農場は18%であった。さらに，飼養密度および余剰窒素の許容値が範囲以内におさまる農家群では，経済面が良好な傾向にあった。

③では，飼料基盤，気象・土壌の条件および施肥標準の変化により，余剰窒素に生じる違いを検討した。

④各章を受け、交換耕作の推進および飼養密度の再考を提言した。

鹿追町酪農の特徴である、甜菜、馬鈴薯、小麦の輪作体系の中に、飼料用トウモロコシを組み込み、交換耕作を行うことで、ふん尿の有効活用が可能になり余剰窒素の削減につながると考えた。また、飼養可能頭数を定めた際に、飼養可能頭数を大きく超えた農家群では、交換耕作の推進に伴い、酪農場と畑作農場にふん尿施用が可能になり、飼養密度の低下につながる。さらに、耕畜連携の拡大により、畑作農場の有機物利用面積の拡大につながることで、土づくりや減肥が期待される。また、飼養密度および余剰窒素の許容値を共に満たしている農家群では、農業所得率が高い状況にあった。すなわち、環境改善による、各酪農家における経済性の維持や向上につながる考えられた。

鹿追町酪農では、乳牛の健康状態および満足度についても改善が必要であった。飼料用トウモロコシ作付面積が拡大し、飼料用トウモロコシから TDN を得ることが可能になれば、濃厚飼料の削減にもつながると思われる。飼料用トウモロコシの増産により、乳飼比の低下につながれば、乳牛の疾病は減少にし、経営主の作業時間の短縮および配偶者の満足度向上にもつながると考えた。一方で、経営主の満足度は作業時間に影響を受けていたため、飼料用トウモロコシを増産することで、作業時間の影響は高まるが思われるが、鹿

追町の特徴である，コントラクターの委託を活用することで，作業負担は軽減されると思われた。さらには，コントラクター事業が推進されることで，地域雇用の促進にもつながり，地域が活性化されると考えられた。したがって，環境を改善することで，経済面，家畜の疾病および満足度の向上にもつながり，多面的評価の観点から，今後，鹿追町全体の評価が高まると考えられた。

単一指標による評価では，一方の問題に気がつきにくい場合があるが，多面的評価を用いることで，幅広し視野で現状を分析可能になった。

## 謝辞

本研究を隊行するにあたり，酪農学園大学大学院酪農学研究科干場信司教授には，親身にご助言をいただくとともに，研究の姿勢など基本となる部分でご指導をいただいた。謹んで感謝申しあげる。

副査の任をお引き受けいただいた，酪農学園大学大学院酪農学研究科森田茂教授には，論文および発表の構成に際して，適切にご指導をいただいた。さらに，酪農学園大学大学院酪農学研究科猫本健司准教授には，調査・実験，データ解析および論文のまとめ等多くのご助言，ご指導をいただいた。感謝の意を表す。

本学，エクステンションセンター前田善夫特任教授には，余剰窒素の目標値と許容値を定める際に，的確なご助言と資料の提供，度重なる疑問について，適切な返答をいただき感謝しきれない思いである。同じく，本学，エクステンションセンター須藤純一特任教授には，調査でのご協力，有益なご助言をいただいた。深く御礼申し上げます。

鹿追町農協職員の皆様方には，アンケート調査を行なう際の事前準備，アンケート配布，アンケート回収，解析に必要なデータのご提供等様々な面で多大なるご協力とご助言をいただいた。また，鹿追町酪農の皆様方にはご多用の中，快くアンケート調査にご協力い

ただいた。その中でも、奥秋吉広氏には、牧場での実習を快く、お受けいただいた。何もできず恐縮な思いではあるが、実習において肌で感じたことが大きな糧となった。奥秋牧場の皆様方には、言葉では表すことのできない感謝の思いである。

鹿追町農協の鈴木智美氏をはじめとする農協の皆様、鹿追町酪農の後継者の皆様には、デンマーク研修で大変お世話になり、研究に関する貴重なお言葉をいただいた。感謝の意を表す。さらに、デンマーク研修にあたり、酪農学園大学特任教授高井久光氏には、現地において、お世話になり感謝する次第である。

北海道電力株式会社営業部販売企画グループ沢田英一氏には、電力に関する資料のご提供をしていただいた。ここに感謝の意を表す。

酪農学園大学大学院酪農学研究科高橋圭二教授，中辻浩喜教授，澤本卓治教授，三枝俊哉准教授には，適切なご指導をいただき，研究が遂行された。感謝申し上げます。

酪農学園大学特任准教授加藤博美氏には、11年前の鹿追町および浜中町を対象とした研究を含め、本研究においても多大なるご指導と女性研究者としての観点から温かい励ましのお言葉をいただき、感謝しきれない思いである。

農業施設学会および日本家畜管理学会の会員の皆様方には、有益なご助言をいただき、研究の発展につながった。ここに感謝の意を

表す。

本学家畜管理行動学研究室卒業の田村悠子氏は、11年前に鹿追町を対象に調査・データの解析を行なわれており、その研究がなければ、本研究は遂行されなかった。さらに、これまで、様々な観点から評価の研究されてきた、上島優子氏、河合知子氏、久保田学氏、佐藤俊介氏、辻敬裕氏、菱沼竜男氏、松本陽一氏、三浦裕美氏をはじめ、多くの方々の研究があり、本研究の取組につながったことを心に刻むとともに、謹んで感謝の意を表す。

鹿追町大規模調査にあたり、2010年度本学卒業生の井上恵美氏、冨田由衣子氏をはじめ、多くの大学生、院生の方々にご協力をいただいた。さらに、アンケートデータ入力に関して本学短大卒業生の乾辺夢氏、井上耕太郎氏、井口捺美氏、田所泰貴氏に、ご協力いただいた、感謝の意を表す。

家畜管理学研究室の事務を担当していただいた小椋かおり氏、三浦ひとみ氏、河村智美氏には調査、学会等の事務手続きを行なっていただいた。皆様方に感謝する次第である。

最後に、酪農学園大学酪農学科酪農学研究科博士課程へ進学するにあたり、ご理解と精神面、経済面等多方から支えて下さったこと、このような貴重な経験をさせていただいた家族に深く感謝する。

多くの方々のお力添えとご指導があり本研究が遂行されたことに



謝意を表す。

参考文献・引用資料

- [1] Aizezi. 2011. 新疆ウイグル自治区における酪農生産システムの総合的評価. 2010年度酪農学園大学大学院修士論文集. 1-78. 北海道.
- [2] 別海町畜産環境に関する条例, 2014. 別海町役場ホームページ.  
URL : <http://betsukai.jp/blog/0001/index.php?ID=353> (2014/5/10 現在)]
- [3] 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構. 2006. 日本飼養標準・乳牛. 第1版. 23-36. 127-135頁. 社団法人中央畜産会. 東京.
- [4] Heichel, G.H. 1982. Energy analyses of forage production system. J. Animal Sci. 54 : 869-876.
- [5] 菱沼竜男. 2008. ライフサイクル的思考による家畜ふん尿処理・利用システムの環境影響評価. 2007年度酪農学園大学大学院酪農学研究科博士論文, 1-192. 北海道.
- [6] 北海道農政部, 2009. 自然循環型酪農(放牧)取組指針. 北海道庁ホームページ.  
URL : <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/tss/>

10/rakuno/houbokusisinn.pdf (2014/6/10 現在)

- [7] 北海道農政部. 2010. 北海道施肥ガイド 2010－施肥標準・診断基準・施肥対応－. 189－219. 社団法人北海道農業改良普及協会. 北海道.
- [8] 北海道立根釧農業試験場 土壤肥料科. 1999. 酪農経営における窒素フロー－根釧農試における事例－. 1－41. 北海道農業試験会議資料. 北海道.
- [9] 北海道立根釧農業試験場 研究部・作物科・乳牛飼養科・経営科・北海道農業研究センター・集約放牧研究チーム. 2007. 道東地域におけるメドウフェスクの放牧利用法. 1－48. 北海道農業試験場会議資料. 北海道.
- [10] 北海道立根釧農業試験場 研究部 草地環境科・北海道立上川農業試験場天北支場 技術普及部・北海道立畜産試験場環境草地部 畜産環境科. 2007. 環境保全と良質粗飼料生産のための乳牛飼養可能頭数算定法. 1－26. 北海道農業試験場会議資料. 北海道.
- [11] Hoshiba, S. 2001. Perspectives for realizing agricultural production systems with material circulation. GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE. 51－57.

- [12] 干場信司, 2005. 家畜生産システムの評価に関する研究. 農業施設. 第36. 2号. 1~2.
- [13] JA 鹿追町ホームページ.  
<http://ja-shikaoi.com/> (2010/12/11 現在)
- [14] 河合知子. 2005. 北海道酪農における女性の生活実態. 意識と生産活動に関する研究. 2004年度酪農学園大学大学院酪農学研究科博士論文. 1-148. 北海道.
- [15] 河上博美. 2000. 酪農生産システムの多面的評価. 1999年度酪農学園大学大学院酪農学研究科修士論文集. 1-78. 北海道.
- [16] 河上博美. 2004. 酪農生産システムの総合的評価. 2003年度酪農学園大学大学院博士論文. 1-175. 北海道.
- [17] Kawakami, H., S. Hoshiya, Y. Tamura, S. Morita, T. Noda and A. Ikeguchi. 2000. Total evaluation of sustainable dairy production systems using five indexes including animal health and human satisfaction. CIGR World Congress Abstracts. p218.
- [18] Kleiver. M. 著, 亀高正夫・堀口雅昭共訳. 1987. 生命の火. 第1版, 38-59. 養賢堂. 東京.
- [19] 久保田学. 2014. 地域に根ざした総合的乳牛管理技術の確立.

2013 年度酪農学園大学酪農学研究科博士論文． 1－122． 北海道．

[20] 公益社団法人． 北海道酪農検定検査協会．

URL : <http://www.hmrt.or.jp/> (2014/06/1 現在)

[21] livedoor．

URL:<http://map.livedoor.com>． (2010/11/20 現在)

[22] 松本陽一． 2005． 都市近郊・粗飼料生産型の松本牧場に関する総合的評価と将来展望． 2004 年度酪農学園大学家畜管理学行動学研究室卒業論文集． 1－60． 北海道．

[23] 三浦裕美， 干場信司， 及川伸， 中田健， 柴野愛， 長恒泰裕， 加藤博美， 猫本健司， 野田哲治， 高橋麻衣子， 高橋励起， 森田茂． 2008． 浜中町における乳牛の健康状態と所得・濃厚飼料給与量・放牧時間等との関係． 北海道畜産学会報第 63 回大会講演要旨． 63 : 28．

[24] 三浦裕美． 2010． 北海道浜中町酪農の総合的評価． 2009 年度酪農学園大学大学院修士論文集． 1－91． 北海道．

[25] M. Treacy, 2008. Farm-gate nitrogen balances on intensive dairy farms in the south west of Ireland. Irish Journal of Agricultural and Food Research. 47. 105－117

[26] 中辻敏朗． 2012． 地下水の硝酸汚染防止のための窒素環境容

量． 土壌の物理性． 120：23－28

- [27] 猫本健司． 2004． 窒素収支からみた糞尿循環利用システムの評価． 2003年度酪農学園大学大学院酪農学研究科博士論文， 1－133． 北海道．
- [28] 猫本健司， 佐々木美穂， 干場信司， 河合紗織， 森田茂． 2012． 化学肥料の節減により堆肥中の窒素含有量が低下したと示唆される事例～GHG 排出削減に向けて． 日本畜産学会第 115 回大会講演要旨． 179．
- [29] 野英二． 2005． 野幌層丘陵地における飼料作物生産量の実測とそれに基づく土地面積当り乳生産に関する研究． 2004年度酪農学園大学大学院博士論文． 1－179． 北海道．
- [30] 農業試験場天北農業試験場・北海道立根釧農業試験場 2000． 北海道の採草地における牧草生産の現状と課題． 1－137． 北海道農業試験場会議資料． 北海道．
- [31] 農林水産省． 家畜排せつ物処理法． 農林水産省ホームページ．  
URL： [http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/t\\_mondai/03\\_about/](http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/t_mondai/03_about/) (2014/5/10 現在)
- [32] 農林水産省． 酪農及び肉用牛生産の近代化を図るための基本方針． 農林水産省ホームページ．  
URL： <http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/>

lin/rakuniku\_kihon\_houshin.html (2014/5/10 現在)

- [ 33 ] OECD and EUROSTAT . 2007 . GROSS NITROGEN  
BALANCES HANDBOOK. OECD and EUROSTAT, 1-24.
- [ 34 ] 大久保忠旦 . 1991 . 畜産におけるエネルギー効率 . 畜産の研究 , vol 45 . 729-738 .
- [ 35 ] 佐藤俊弥 . 2001 . ジャージー酪農と稲作による複合経営の総合的評価 . 2000年度酪農学園大学家畜管理学行動学研究室卒業論文集 . 1-35 . 北海道 .
- [ 36 ] 社団法人資源協会 . 1994 . 家庭生活のライフサイクルエネルギー . 第1版 . 108-199 . あんほるめ . 東京 .
- [ 37 ] 田村悠子 . 2002 . 畑酪混同地帯における畑作と酪農の総合的評価 . 2001年度酪農学園大学大学院修士論文集 , 1-123 .  
北海道 .
- [ 38 ] 十勝総合振興局 . 2012 . 十勝の農業 2012 .  
URL : <http://www.tokachi.pref.hokkaido.lg.jp/index.htm>  
(2014/5/31 現在) .
- [ 39 ] 徳川直人・田村真広 . 1998 . 大規模酪農地帯における暮らしと農の意識と論理 - 別海町における探求事例から - . 環境教育研究 , 37-62 .
- [ 40 ] 辻敬裕 . 2007 . 飛騨辻畜産における和牛生産の総合的評価 .

2006年度酪農学園大学家畜管理学行動学研究室卒業論文集.  
1-30. 北海道.

[41] 宇田川武俊. 1976. 水稻栽培における投入エネルギー推定.  
環境情報科学. 5: 73-79.

[42] 上島優子. 2008. 神奈川県秦野市の酪農場における総合的評価.  
2007年度酪農学園大学家畜管理学行動学研究室卒業論文集.  
1-34. 北海道.



## SUMMARY

Evaluation of Dairy Farms by Five Indexes and Its Transition at Shikaoi Town in Tokachi, Japan.

### *Chapter I Introduction*

In Japan, the quality of life of people improved by diversification of dietary habits and liberalization of the import with rapid economic growth. The people who were managing dairy farms also became rich economical mainly depending on the increase in herd size. Recently, however, the consideration to the qualitative improvement in everyday life and to an environmental aspect is required in dairy farming areas.

Over all evaluation including the quality of life and environmental aspects was performed for all dairy farms at Shikaoi Town in Tokachi in 1998, and a proposal based on the evaluation was made. However, the change after the proposal at Shikaoi Town was not yet investigated, and it was required to be re-evaluated.

The objective of this study is to investigate the present

situation and points of improvement by re-operating over all evaluation using five indexes and by adding detailed analyses on environment, animal welfare and human welfare.

Specifically, at first investigation using five evaluation indexes was made to understand the present conditions by comparing the dairy farming between 1998 and 2009 at Shikaoi Town. Secondly, new analyses were added on the allowable range of the nitrogen surplus as an index of the environment, on the factors affecting to and being affected by the diseases of dairy cattle as an index of the animal welfare, and on the factors being affecting to the satisfaction of owners and spouses as an index of human welfare. Finally, the future direction in dairy farming at Shikaoi Town is proposed from the investigation and the analyses.

*Chapter II Comparison between data at present and eleven years ago using over all evaluation by five indexes on dairy farms at Shikaoi Town.*

The objectives of this chapter are to compare the results of over all evaluation of dairy farms by five indexes composed of

economic efficiency, energy, environment load, animal welfare and human welfare in 1998 with those in 2010, and to clarify the points of improvements.

Improvements compared with 1998 were observed in economic efficiency, fossil energy input, environmental load and degree of satisfaction in material needs. On the other hand problems were found at the increase in number of times for medical treatment related to animal welfare, and at the decrease in degree of satisfaction in mental room and time to spare related to human welfare.

*Chapter III Desired and allowable values of nitrogen surplus at Shikaoi Town in Tokachi area, based on Hokkaido Fertilizer Recommendations 2010.*

In this chapter, the meaning of nitrogen surplus was reconsidered for dairy farms to understand more easily the desired level and allowable level of nitrogen surplus based on Hokkaido Fertilizer Recommendations 2010.

The desired value of nitrogen surplus is calculated by accepting the conditions of both nitrogen and potassium of

Hokkaido Fertilizer Recommendations 2010, and was 151 kgN/ha. Cow density in the same condition was 2.2 head/ha. The allowable value of nitrogen surplus is calculated by accepting condition of only nitrogen of Hokkaido Fertilizer Recommendations 2010, and was 230 kgN/ha. The associated cow density was 3.1 head/ha.

*Chapter IV Factors affecting to and being affected by disease of dairy cattle.*

In this chapter factors affecting to and being affected by health condition of dairy cattle were investigated. The health condition was examined by medical treatment fee and number of times for medical treatment. Factors examined to check the degree of affecting to the health condition were number of adult dairy cattle, amount of concentrated feed, milk yield, feed cost to milk receipt ratio and number of employee. It was found that feed cost to milk receipt ratio had the biggest influence on the health condition, and amount of concentrated feed had an influence on medical treatment fee per dairy cattle.

On the other hand, factors examined to check the degree of

being affected by the health condition were net agricultural incomes, net farm income ratio, working hours in the season for feed harvesting, working hours in the off-season for feed harvesting, degree of satisfaction for owners and spouses. It was found that the health condition of dairy cattle had big effects on net agricultural incomes per dairy cattle, net farm income ratio and degree of satisfaction for spouses. Particularly, it was thought that mental stress in milking dairy cows having disease of mastitis and in handling sick dairy cattle in critical condition with veterinarian affected unfavorably on degree of satisfaction for spouses.

*Chapter V Effects of factors affecting on degree of satisfaction of owners and spouses.*

In this chapter, factors affecting to the degree of satisfaction for owners and spouses were investigated. Factors examined to check the degree of affecting to degree of satisfaction for owners and spouses were net agricultural incomes, net farm income ratio, number of adult dairy cattle, milk yield, milk yield per delivered cattle, amount of concentrated feed, amount of concentrated feed

per dairy cattle, working hours in the season for feed harvesting, working hours in the off-season for feed harvesting and feed cost to milk receipt ratio.

The degree of satisfaction for owners decreased as working time became longer. Particularly, it was clear in the season for feed harvesting. Degree of satisfaction for spouses decreased as the increase of feed cost to milk receipt ratio besides the increase in disease of dairy cattle shown in chapter IV. It was because disease of dairy cattle seemed to be affected by increase in feed cost to milk receipt ratio.

#### *Chapter VI General discussion.*

In this chapter, the following four topics were discussed; 1) transition of evaluation in each farm unit, 2) classification of dairy farms depending on the allowable value of nitrogen surplus and number of cattle been able to raise, and the characteristics and the problems of each group of dairy farms, 3) application examples for calculation of nitrogen surplus based on Hokkaido Fertilizer Recommendations 2010 at hypotheses of various regions, and ④ proposal for the future in terms of dairy farming

at Shikaoi Town and significance of over all evaluation.

① The transition of evaluation in each farm unit was investigated. Results observed farm investigation by the transition of evaluation in each farm unit showed almost the same tendency as the results obtained from the comparison in the base of average date between 1998 and 2009. However, in the evaluation of degree of satisfaction for spouses, a significant change could not be observed on the transition of evaluation in each spouses, unlike in the comparison based on average date, may be because of wide difference among individuals.

② Dairy farms at Shikaoi Town were divided into four groups depending on the allowable nitrogen surplus and the allowable cow density. The group of farms having lower nitrogen surplus and lower cow density than allowable level (Group A) consisted of 31 farms (29 %) and was favorable in terms of environmental aspect. The group having higher values in both nitrogen surplus and cow density than allowable level (Group D) consisted of 22 farms (18 %), and both decrease of cow density and improvement in manure management are strongly required. Group B having higher nitrogen surplus and lower cow density consisted of 55

farms (51 %), and improvement in manure management is recommended. Group C having lower nitrogen surplus and higher cow density consisted of 2 farms (2 %), and further increase in number of cattle is not recommended.

③ Various examples of calculations were shown depending on different conditions such as feed base, weather, soil and fertilization standard.

④ The promotion of exchange cultivation and reconsideration of cow density were proposed. The incorporation of feed corn into the crop rotation system composed of beet, potato and wheat which is a characteristic of agriculture at Shikaoi Town is recommended. Effective utilization of manure by performing exchange cultivation would be able to reduce nitrogen surplus in dairy farms. In farms of Group D the reduction of number of cattle and improvement of manure management needs to be considered.

The exchange cultivation and reduction of cow density can lead to the increase in self producing feed ratio and to the decrease in feed cost to milk receipt ratio. It can also effect on improvement of problem and of the degree of satisfaction for



spouses.

In other words consideration to environmental problem leads to consideration of feed production, feeding and exchange cultivation, and then it also leads to improvement of disease problem and degree of satisfaction.

Therefore, it is clarified that no single evaluation index can solve real problems in local area, but over all evaluation using multiple indexes based on multiple aspects can be a useful proposal to make full use of local characteristics and resources.

## Figures and Tables

## List of Figures and Tables

---

Number	Title	page
Table 2-1	Outline of dairy farms investigated in 1998 and 2009.	133
Table 2-2	Items of agriculture incomes and expenses.	134
Table 2-3	Energy consumption rate.	135
Table 2-4	The further details about nitrogen content of dairy cattle.	136
Table 2-5	Classification of cattle diseases.	137
Table 2-6	Amount of purchased feeds in 1998 and 2009.	138
Table 2-7	Amount of purchased chemical fertilizer in 1998 and 2009.	139
Table 2-8	Amount of TDN yield from self-supplied feed in 1998 and 2009.	140

---

Number	Title	page
Table 2-9	Amount of manure transferred from dairy farms to dry field crop production systems in 1998 and 2009.	141
Table 2-10	Nitrogen content of compost transferred from dairy farms in 1998 and 2009.	142
Table 3-1	Calculation type of nitrogen surplus.	154
Table 3-2	Calculation procedure of nitrogen surplus in grass land area.	155
Table 3-3	Condition of grass land in Hokkaido Fertilizer Recommendations 2010.	156
Table 3-4	Effective nutrient contents of dairy cattle manure for grass land.	157
Table 3-5	Nitrogen and TDN demands of dairy cattle per day.	158
Table 3-6	Yield and CP, TDN content of self-supplied grass.	159

Number	Title	page
Table 3-7	Condition of corn field for feed area in Hokkaido Fertilizer Recommendations 2010.	160
Table 3-8	Effective nutrient contents of dairy cattle manure for corn field.	161
Table 3-9	Condition of corn for feed yield and nitrogen and TDN in corn field for feed area	162
Table 3-10	Condition of maximum livestock manure yield in crop land area.	163
Table 3-11	Nitrogen surplus of ① ~ ④ based on Hokkaido Fertilizer Recommendations 2010.	164
Table 4-1	Difference in working hour of owners and spouses.	165
Table 4-2	The relationship between management factors and health condition of dairy cattle (1) ① ~ ⑤.	166
Table 4-3	The relationship between management factors and health condition of dairy cattle (2) ⑥ ~ ⑦.	167

Number	Title	page
Table 5-1	The relationship between management factors and degree of satisfaction for owners and spouses.	188
Table 6-2	Nitrogen surplus in four conditions.	194
Table 6-3	Economic efficiency and factors of farm managements in the present conditions.	195
Table 6-4	Conditions for calculating nitrogen surplus in grass land and corn field for feed (1).	196
Table 6-5	Conditions for calculating nitrogen surplus in grass land and corn field for feed (2).	197
Table 6-6	Model calculation of number of cattle been able to raise and nitrogen surplus in grass land and corn field for feed (1).	198
Table 6-7	Model calculation of number of cattle been able to raise and nitrogen surplus in grass land and corn field for feed (2).	199

Number	Title	page
Table 6-8	Model of nitrogen surplus in grass land and corn field for feed (nitrogen control) (3).	200
Fig.1	Structure of the thesis.	132
Fig.2-1	Incomes, expenses and net income ratio in 1998 and 2009.	143
Fig.2-2	Energy per unit area in 1998 and 2009.	144
Fig.2-3	Nitrogen input and output per unit area in 1998 and 2009.	145
Fig.2-4	Medical treatment fee per dairy cattle in 1998 and 2009.	146
Fig.2-5	Number of times for medical treatment per dairy cattle in 1998 and 2009.	147
Fig.2-6	Degree of satisfaction for owners (positive questions) in 1999 and 2010.	148
Fig.2-7	Degree of satisfaction for owners (negative questions) in 1999 and 2010.	149

Number	Title	page
Fig.2- 8	Degree of satisfaction for spouses (positive questions) in 1999 and 2010.	150
Fig.2- 9	Degree of satisfaction for spouses (negative questions) in 1999 and 2010.	151
Fig.2- 10-a	Rader chart for evaluation using five indexes in the case using medical care fee per dairy cattle as an index of health condition.	152
Fig.2- 10-b	Rader chart for evaluation using five indexes in the case using the number of times medical care per dairy cattle as an index of health condition.	153
Fig.4- 1	The relationship between amount of purchased concentrated feed per dairy cattle and medical treatment fee per dairy cattle.	168
Fig.4- 2	The relationship between amount of purchased concentrated feed per dairy cattle and number of times for medical treatment per dairy cattle.	169
Fig.4- 3	The relationship between feed cost to milk receipt ratio and medical treatment fee.	170



Number	Title	page
Fig.4 – 4	The relationship between feed cost to milk receipt ratio and number of times for medical treatment.	171
Fig.4 – 5	The relationship between feed cost to milk receipt ratio and medical treatment fee per dairy cattle.	172
Fig.4 – 6	The relationship between feed cost to milk receipt ratio and number of times for medical treatment per dairy cattle.	173
Fig.4 – 7	The relationship between net agricultural income per dairy cattle and medical treatment fee per dairy cattle.	174
Fig.4 – 8	The relationship between net agricultural income per dairy cattle and number of times for medical treatment per dairy cattle.	175
Fig.4 – 9	The relationship between net farm income ratio and medical treatment fee.	176
Fig.4 – 10	The relationship between net farm income ratio and number of times for medical treatment.	177
Fig.4 – 11	The relationship between of net farm income ratio and medical treatment fee per dairy cattle.	178

Number	Title	page
Fig.4 – 12	The relationship between of net farm income ratio and number of times for medical treatment per dairy cattle.	179
Fig.4 – 13	The relationship between medical treatment fee and working hours of owners except harvest season.	180
Fig.4 – 14	The relationship between medical treatment fee per dairy cattle and the degree of satisfaction for spouses.	181
Fig.4 – 15	The relationship between number of times for medical treatment per dairy cattle and the degree of satisfaction for spouses.	182
Fig.4 – 16	The relationship between medical treatment fee for disease of lactation and the degree of satisfaction for spouses.	183
Fig.4 – 17	The relationship between number of times for medical treatment for disease of lactation and the degree of satisfaction for spouses.	184
Fig.4 – 18	The relationship between medical treatment fee for disease of lactation per dairy cattle and the degree of satisfaction for spouses.	185

Number	Title	page
Fig.4 – 19	The relationship between number of times for medical treatment for disease of lactation per dairy cattle and the degree of satisfaction for spouses.	186
Fig.4 – 20	The relationship between number of times for medical treatment for disease of lactation per dairy cattle and the degree of satisfaction for spouses.	187
Fig.5 – 1	The relationship between working hours of the harvest season and degree of satisfaction for owners.	189
Fig.5 – 2	The relationship between working hours of the except harvest season and degree of satisfaction for owners.	190
Fig.5 – 3	The relationship between feed cost to milk receipt ratio and degree of satisfaction for owners.	191
Fig.5 – 4	The relationship between amount of purchased concentrated feed per dairy cattle and degree of satisfaction for spouses.	192

---

Number	Title	page
Fig.5 – 5	The relationship between feed cost to milk receipt ratio and degree of satisfaction for spouses.	193
Fig.6 – 1	Scatter diagram showing relationship between livestock density and nitrogen surplus, and grouping of farms degrading on their allowable values.	201

---

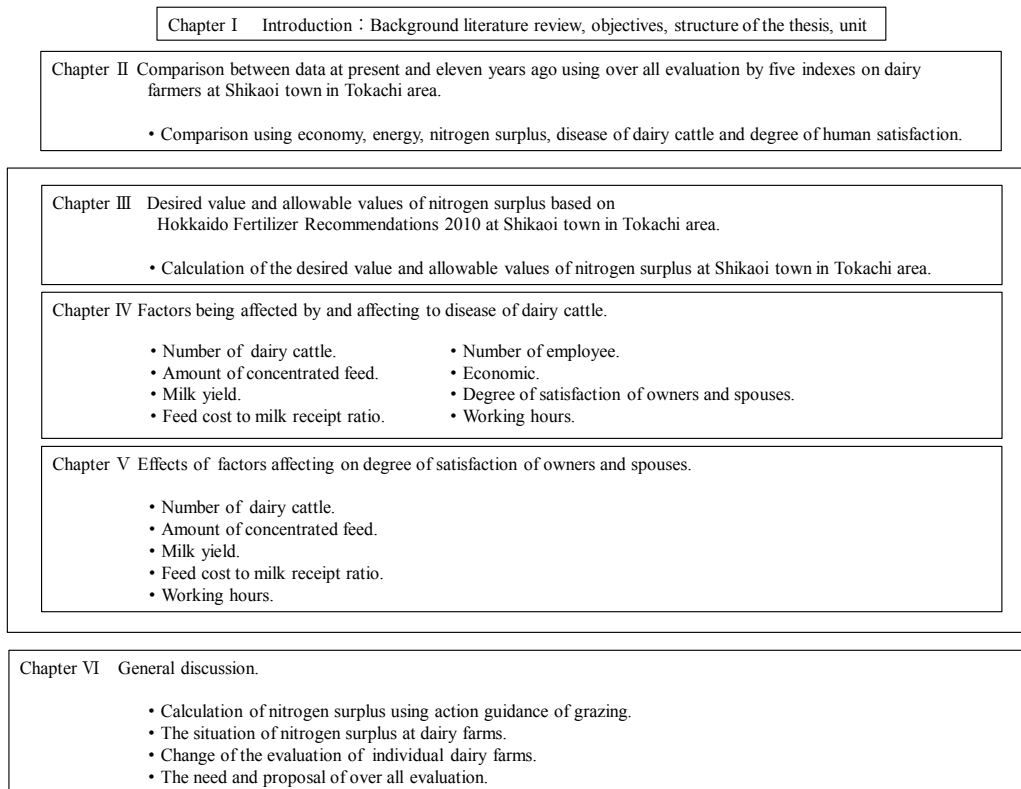


Fig.1 Structure of the thesis.

Table 2-1 Outline of dairy farms investigated in 1998 and 2009.

Items	Unit	Year		Rate of increase [%]
		1998	2009	
Number of dairy farms.	[farms]	133	108	-19
Total management land area.	[ha/all dairy area]	5,112	5,241	2
Management land area per farm.	[ha/farm]	38	49	29
Total number of adult dairy cattle.	[head/all dairy farms area]	13,325	14,662	10
Number of converted mature cows per farm.	[head/farm]	100	136	36
Delivered cows per farm.	[head/farm]	70	107	53
Livestock density.	[head/ha]	2.6	2.8	8
Total milk production.	[t/all dairy farms area]	74,995	94,812	26
Milk production per farm.	[t/farm]	564	878	56
Milk production per delivered cow.	[kg/delivered cow]	7,872	8,152	4

Table 2-2 Items of agriculture incomes and expenses.

Agriculture incomes	Agriculture expenses
Sales of rice and wheat.	Salaries expense.
Sales of pulses and millet.	Purchased chemical fertilizer.
Sales of potato.	Cost of artificial insemination.
Sales of beet.	Purchased pesticide.
Sales of fruit and vegetable.	Purchased feed.
Sales of other agricultural products.	Cost of cow growing.
Sales of previous period of agricultural products.	Cost of purchased cow.
Sales of milk.	Production material.
Sales of a grant.	Mutual aid premium of agriculture.
Sales of dairy cattle.	Rent expense.
Sales of pig.	Maintenance and repair.
Sales of chicken and egg.	Utilities expense.
Sales of other livestockes.	Vehicle expense.
Sales of mutual aid money income.	Interest expense.
Sales of subsidy and bounty income.	Tax and public charge.
Sales of rent income.	Burden fare.
Sales of a agricultural miscellaneous income.	Other expense.

Table 2-3 Energy consumption rate.

Items	Input fossil energy	Unit
Kerosene*	37.3	[MJ/L]
Light oil*	38.5	[MJ/L]
Gasoline*	33.1	[MJ/L]
Other oil*	40.2	[MJ/L]
Electric power*	9.4	[MJ/kWh]
Water service*	10	[MJ/m <sup>3</sup> ]
Chemical fertilizer*	14.3	[MJ/kg]
Pesticide*	59	[MJ/kg]
Feed ingredient**	4.2	[MJ/kg]
Imported wheat*	3.5	[MJ/kg]
Imported hey***	1.1	[MJ/kg]
Domestic hey*	0.11	[MJ/kg]
Feed supplement*	59	[MJ/kg]
Overseas transportation*	0.6	[MJ/kg]
Domestic processing*	1.2	[MJ/kg]
Domestic transportation*	3	[MJ/(t·km)]

\*Shigen-kyokai(Japan Resource Association)[1994]

\*\*Okubo,T.[1991]

\*\*\*Heichel,G.H.[1982]



Table 2-4 The further details about nitrogen content of dairy cattle.

Weight	CP	CP	N	Mature cow conversion factor
[kg]	[%]	[kg/head]	[kg/head]	[%]
43	19.9	8.6	1.4	14.0
250	19.2	48.0	7.7	2.4
455	17.6	80.1	12.8	1.3
600	15.6	93.6	15.0	1.0
245	19.2	47.0	7.5	2.5

Kleiver[1987]

Table 2-5 Classification of cattle diseases.

The name of disease for dairy cattle	Representative disease name
Disease of locomotive organs.	Sprain. Interdigital phlegmone.
Disease of nervous system.	Sciatic paralysis.
Disease of urinary organs.	Cystitis. Uremia.
Disease of lactation.	Mastitis. Injuries of the teat.
Disease of trachea and bronchia.	Pneumonia. Bronchitis.
Disease of digestive organs.	Abomasal displacement. Gastritis. Enterititi.
Disease of receptor(eye and ear).	Conjunctivitis.
Disease of skin(dermatosis).	Eczema. Urticaria.
Disease of reproductive system.	Persistent corpus luteum. Ovarian quiescence.
Disease of heart and blood vessel.	Heart failure.
Circulatory disease.	Anemia. Leukemia.
Infectious disease.	Coccidiosis.
Poisoning.	Intoxication by poisonous plants and aflatoxin.
Disease of injury and other.	Contused wound.
Metabolic disease.	Ketosis. Acidosis.
Disease of perinatal period.	Parturient paresis. Dystocia.

Table 2-6 Amount of purchased feeds in 1998 and 2009.

Items	Unite	Year	
		1998	2009
Total amount of purchased mixed feed in all dairy farm land area.	[t]	24,552	31,941
Total amount of purchased plain feed in all dairy farm land area.	[t]	14,261	12,348
Total amount of purchased hey in all dairy farm land area.	[t]	6,953	1,259
Total amount of purchased beet pulp in all dairy farm land area.	[t]	586	7,425
Amount of purchased mixed feed per cattle.	[kg/head]	1,843	2,179
Amount of purchased plain feed per cattle.	[kg/head]	1,070	842
Amount of purchased hey per cattle.	[kg/head]	523	86
Amount of purchased beet pulp per cattle.	[kg/head]	44	506

Table 2-7 Amount of purchased chemical fertilizer in 1998 and 2009.

Items	Unit	Year		Rate of increase [%]
		1998	2009	
Total amount of purchased chemical fertilizer in all dairy farm land area.	[t]	5,121	4,394	-14
Amount of purchased chemical fertilizer per unit area.	[kg/ha]	1,002	839	-16

Table 2-8 Amount of TDN yield from self-supplied feed in 1998 and 2009.

Items	Unit	Year		Rate of increase [%]
		1998	2009	
Total amount of TDN yield from self-supplied feed.	[t]	38,200	42,500	11
Amount of TDN yield from self-supplied feed per unit area.	[kg/ha]	7,408	7,826	6

Table 2-9 Amount of manure transferred from dairy farms to dry field crop production systems in 1998 and 2009.

Items	Unit	Year		Rate of increase [%]
		1998	2009	
Total amount of manure transferred in all dairy farm land area.	[t]	32,507	42,045	29
Amount of manure transferred per unit area.	[t/ha]	6.4	8.0	25

Table 2-10 Nitrogen content of compost transferred from dairy farms in 1998 and 2009.

Items	Unit	Year	
		1998	2009
Ratio of nitrogen content of compost.	[%]	0.57	0.47
Total amount of nitrogen content of compost transferred from dairy farms.	[kgN]	181,679	194,722
Amount of nitrogen content of compost per unit tall management area.	[kgN/ha]	36	37

Ratio of nitrogen content of compost : 0.57 [%] (Nekomoto, 2012)

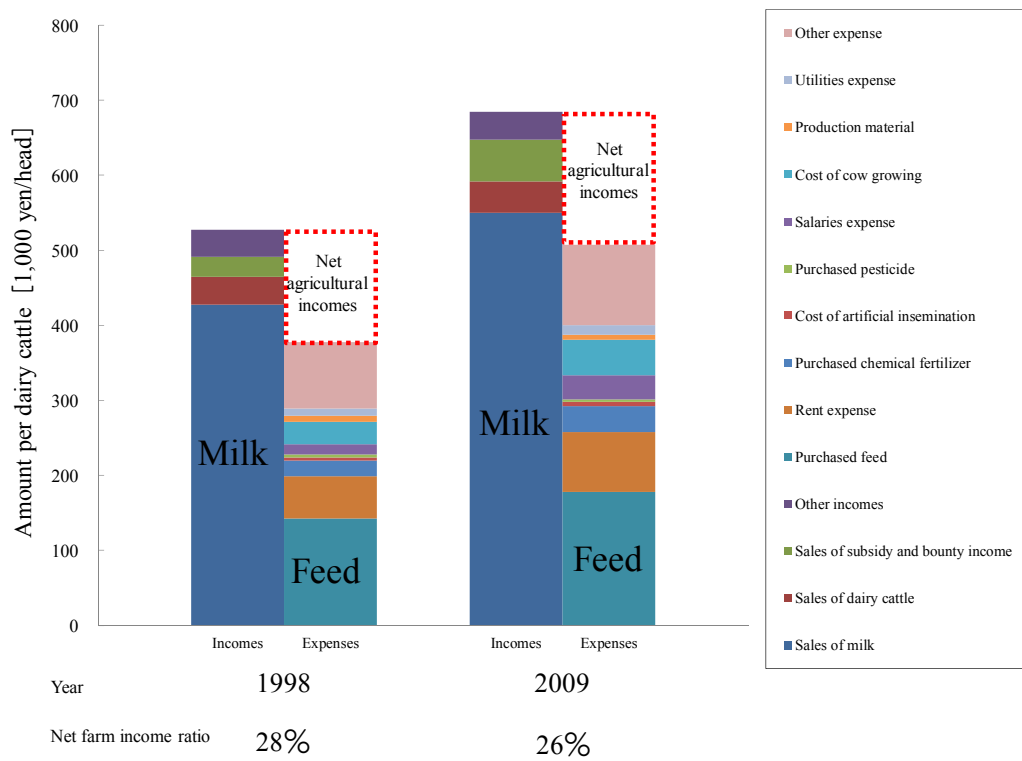


Fig.2-1 Incomes, expenses and net income ratio in 1998 and 2009.



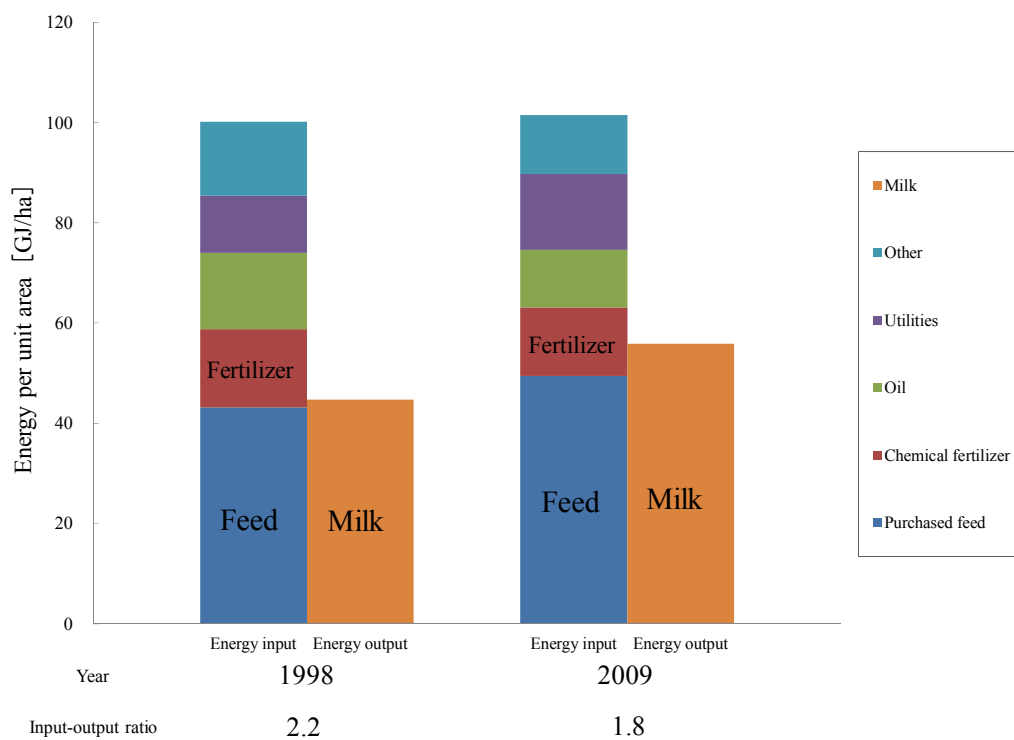


Fig.2-2 Energy per unit area in 1998 and 2009.

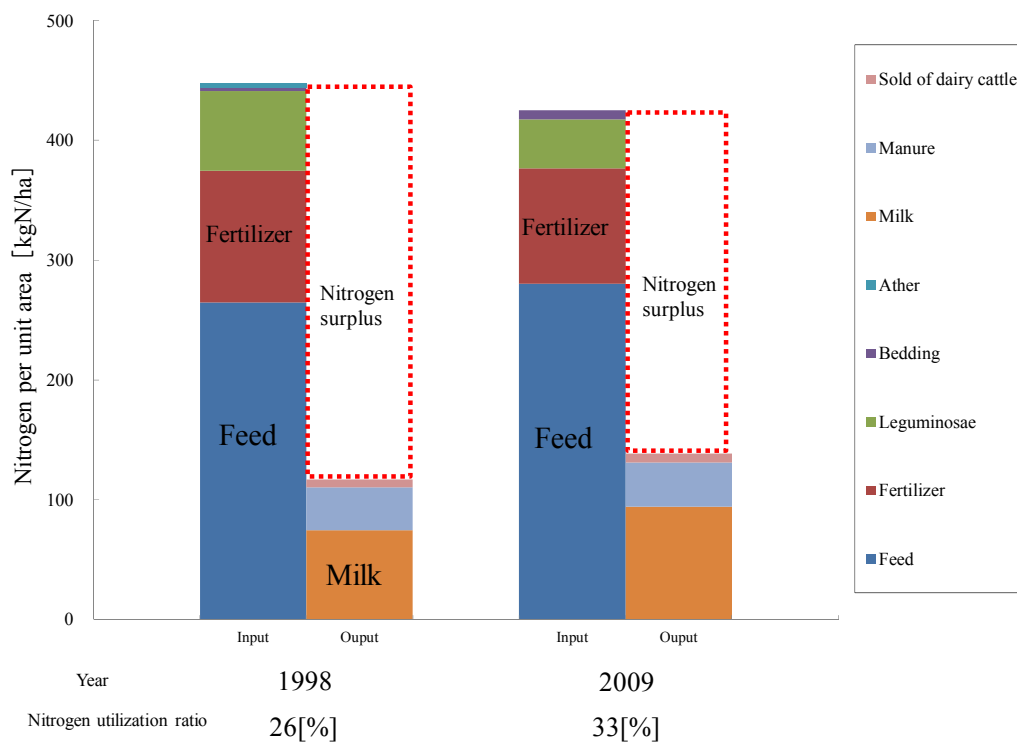


Fig.2-3 Nitrogen input and output per unit area in 1998 and 2009.

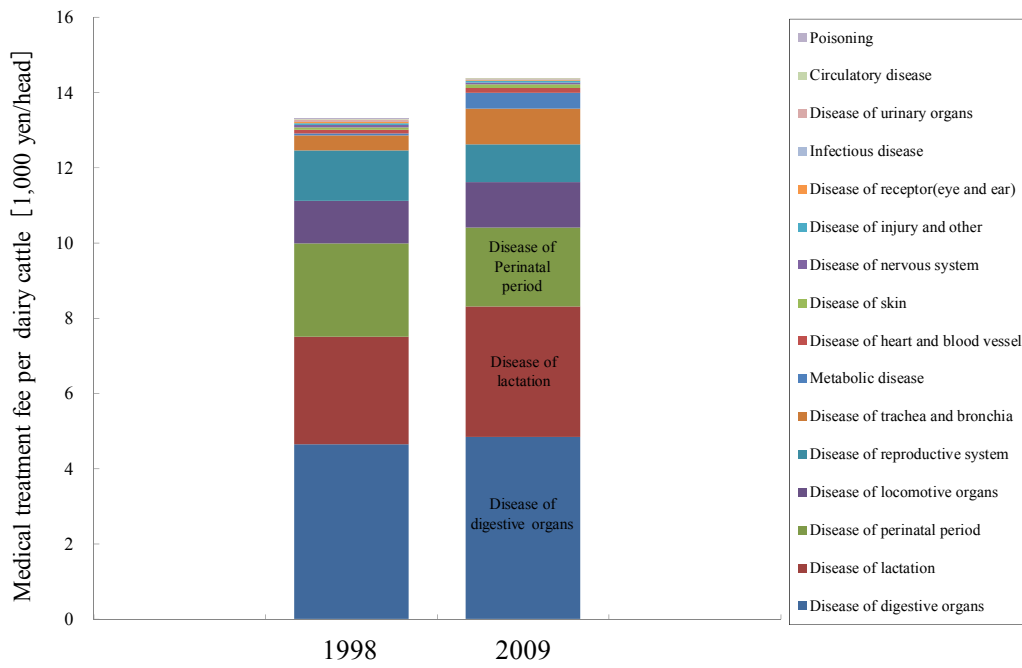


Fig.2-4 Medical treatment fee per dairy cattle in 1998 and 2009.

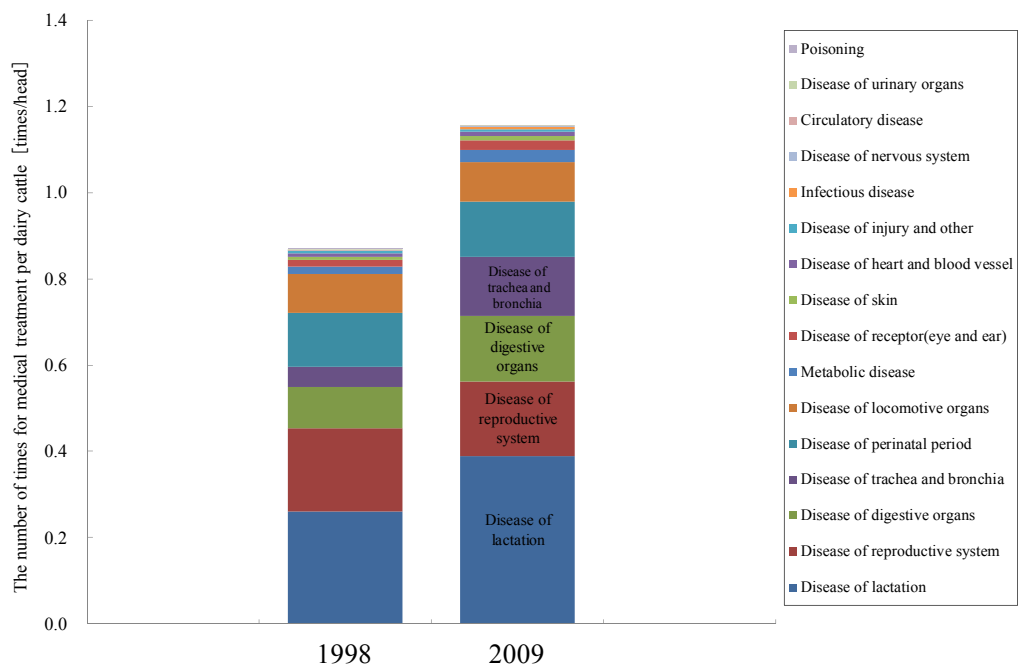


Fig.2-5 Number of times for medical treatment per dairy cattle in 1998 and 2009.

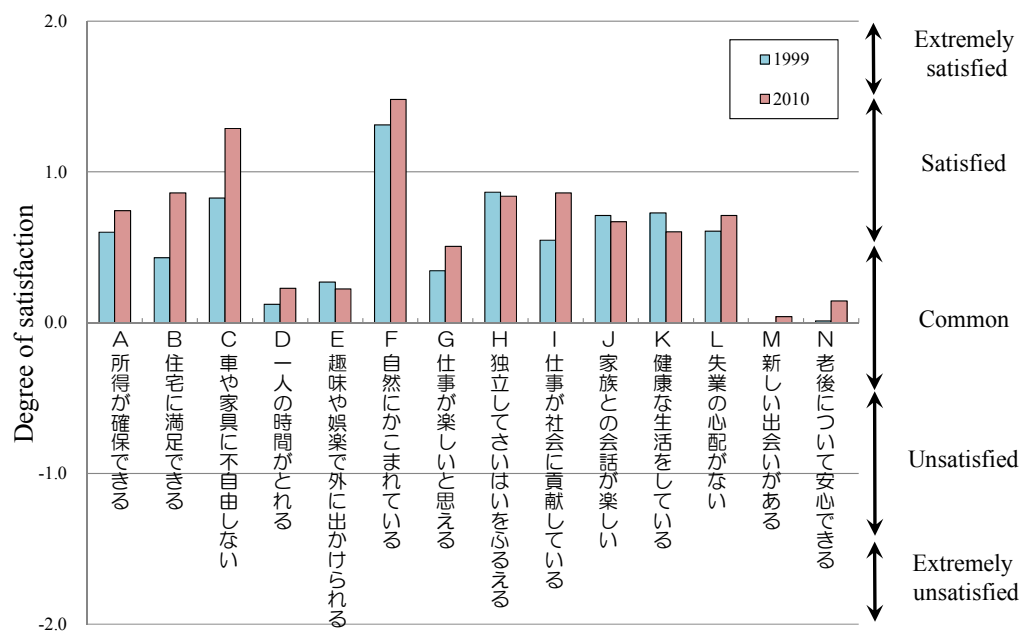


Fig.2-6 Degree of satisfaction for owners (positive questions) in 1999 and 2010.

An English version for questionnaire.

- A: You can save the income.
- B: You can satisfy with your house.
- C: You can satisfy with the car and furniture.
- D: You can have a free time.
- E: You can go outside as the hobby and the amusement.
- F: You are surrounded by nature.
- G: You can enjoy your job.
- H: You can instruction that cut oneself loose from one's family.
- I: your job contributes to the society.
- J: You can talk with your family in moderate mind.
- K: You can be healthy in yore life.
- L: You don't have to worry about the unemployment.
- M: You meet with new people.
- N: You can feel stable about your old age.

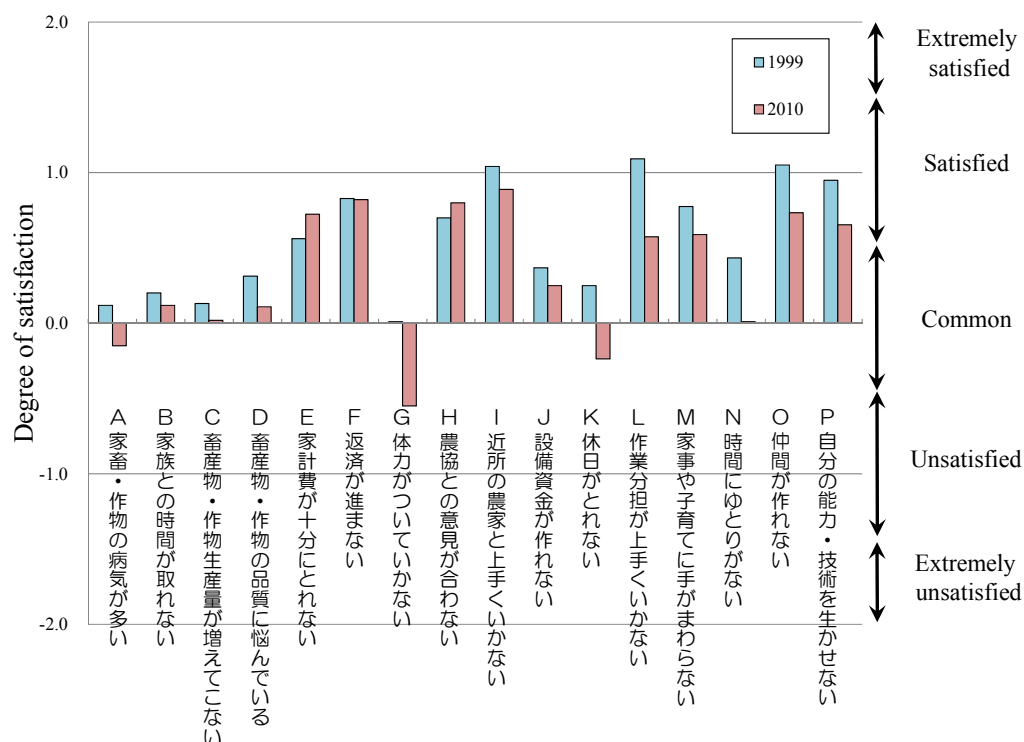


Fig.2-7 Degree of satisfaction for owners (negative questions) in 1999 and 2010.

An English version for questionnaire.

- A: There are many diseases in livestock and crops.
- B: It is difficult to share time with your family.
- C: The production of stockbreeding and crops does not multiply.
- D: You worry about the quality for product.
- E: You can not enough of housekeeping,
- F: The requital must not finished well.
- G: You can not put up in physical strength.
- H: You can not agree with JA.
- I: You can not agree with the neighborhood farmer.
- J: You must not fund for make a new facility.
- K: You can not take a enough holiday.
- L: It is difficult to share the task for the family.
- M: You can not spend your time in housework and raising children.
- N: You are restless pushed for time.
- O: You can not have a genuine friend.
- P: You cannot make use of your technology and ability.

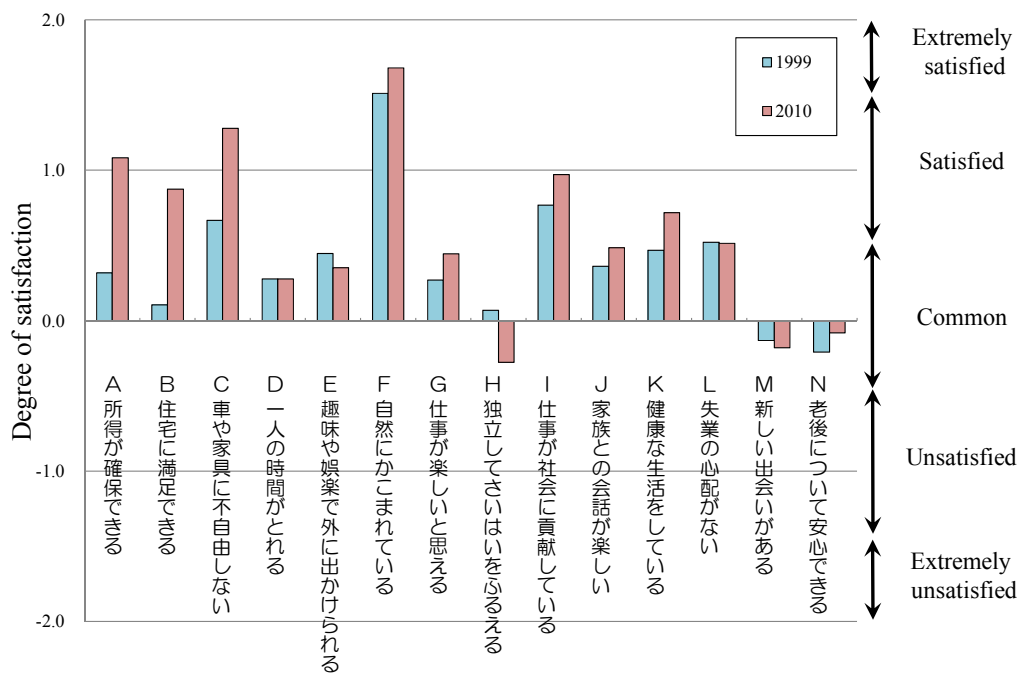


Fig.2-8 Degree of satisfaction for spouses (positive questions) in 1999 and 2010.

An English version for questionnaire.

- A: You can save the income.
- B: You can satisfy with your house.
- C: You can satisfy with the car and furniture.
- D: You can have a free time.
- E: You can go outside as the hobby and the amusement.
- F: You are surrounded by nature.
- G: You can enjoy your job.
- H: You can instruction that cut oneself loose from one's family.
- I: your job contributes to the society.
- J: You can talk with your family in moderate mind.
- K: You can be healthy in yore life.
- L: You don't have to worry about the unemployment.
- M: You meet with new people.
- N: You can feel stable about your old age.

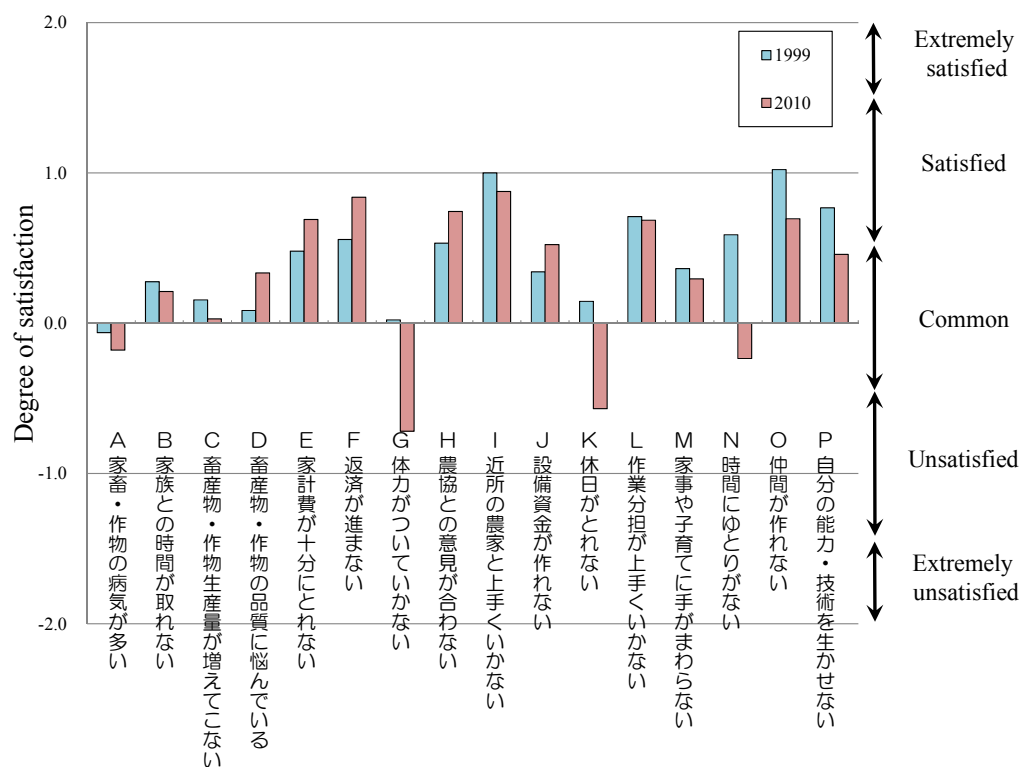


Fig.2-9 Degree of satisfaction for spouses (negative questions) in 1999 and 2010.

An English version for questionnaire.

- A: There are many diseases in livestock and crops.
- B: It is difficult to share time with your family.
- C: The production of stockbreeding and crops does not multiply.
- D: You worry about the quality for product.
- E: You can not enough of housekeeping,
- F: The requital must not finished well.
- G: You can not put up in physical strength.
- H: You can not agree with JA.
- I: You can not agree with the neighborhood farmer.
- J: You must not fund for make a new facility.
- K: You can not take a enough holiday.
- L: It is difficult to share the task for the family.
- M: You can not spend your time in housework and raising children.
- N: You are restless pushed for time.
- O: You can not have a genuine friend.
- P: You cannot make use of your technology and ability.



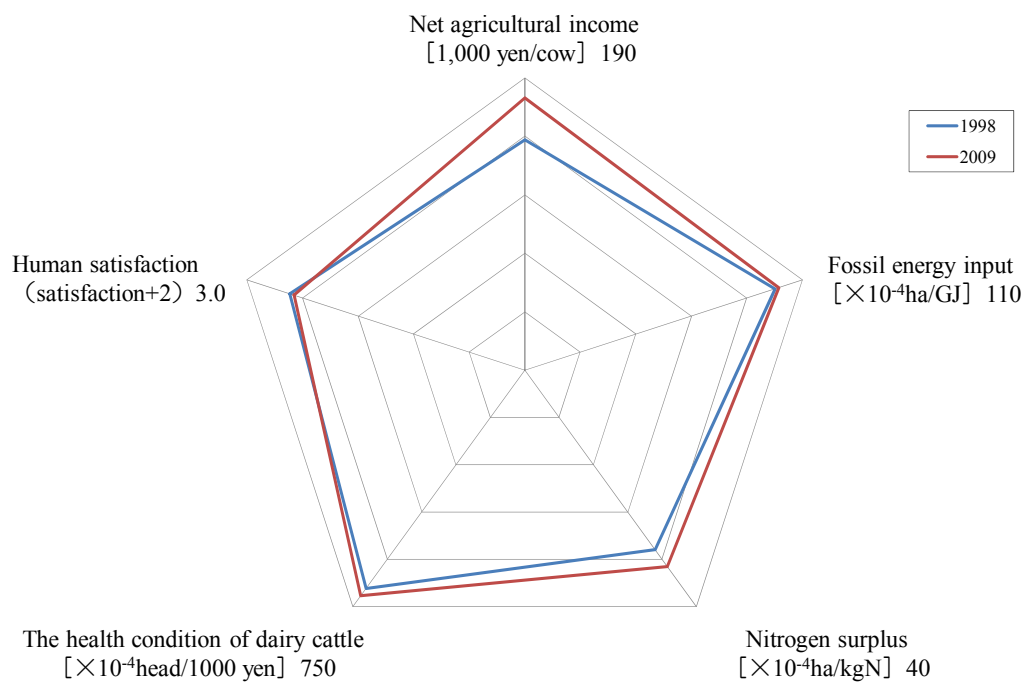


Fig.2-10-a Rader chart for evaluation using five indexes in the case using medical care fee per dairy cattle as an index of health condition.

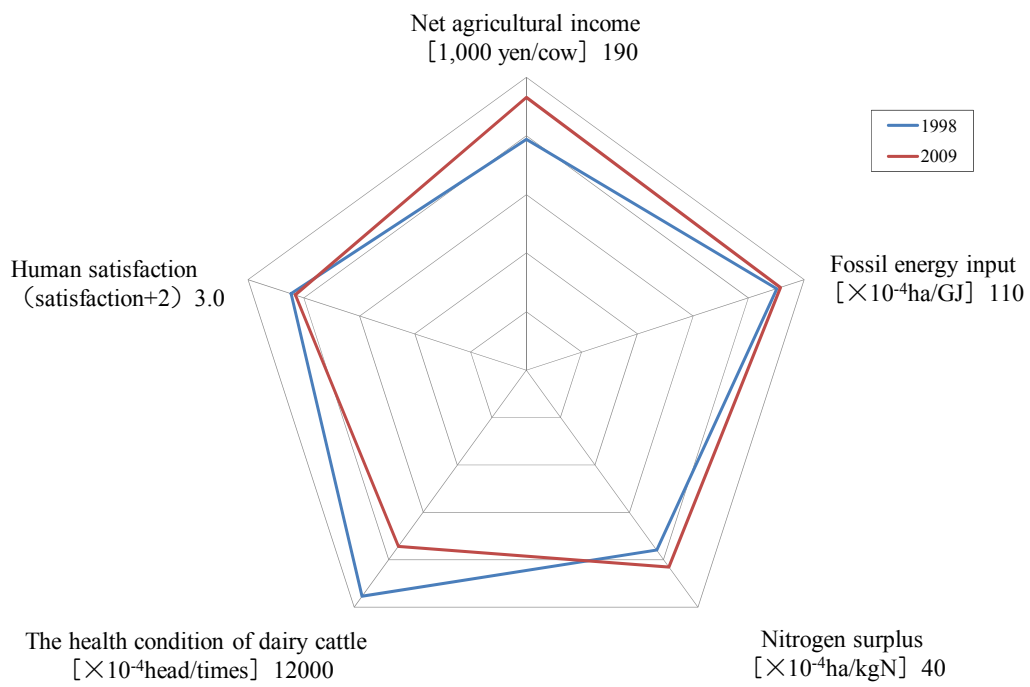


Fig.2-10-b Rader chart for evaluation using five indexes in the case using the number of times medical care per dairy cattle as an index of health condition.

Table 3-1 Calculation type of nitrogen surplus.

Items	Regulation by nitrogen.	Regulation by potassium.	Manure application to arable crop field.
1. Hokkaido Fertilizer Recommendations 2010.	○	○	×
2. Hokkaido Fertilizer Recommendations 2010 (Regulation by nitrogen).	○	×	×
3. Hokkaido Fertilizer Recommendations 2010 + manure application to arable crop field.	○	○	○
4. Hokkaido Fertilizer Recommendations 2010 (Regulation by nitrogen) + manure application to arable crop field.	○	×	○

Table 3-2 Calculation procedure of nitrogen surplus in grass land area.

Calculation methodologies
① Calculation of amount of nitrogen fixation by leguminous grass based on leguminous rate.
② Determine the application rate of nitrogen and potassium based on Hokkaido Fertilizer Recommendations 2010.
③ Determination the available number of dairy cattle raise calculated in consideration the possible amount of manure application.
④ Calculating the amount nitrogen included in the chemical fertilizer using for insufficient nitrogen by dairy cattle manure application to the field.
⑥ Calculation of nitrogen and TDN demand of dairy cattle.
⑤ Calculation of nitrogen and TDN included in self-supplied feed.
⑦ Calculation of insufficient nitrogen and TDN from self-supplied feed.
⑧ Calculation of nitrogen output by sold milk.

Table 3-3 Condition of grass land in Hokkaido Fertilizer Recommendations 2010.

Items	Unit	Standard application rate
Leguminous rate.	[%]	5~15
Region.		East Hokkaido
Classification of soil.		Volcanic soil
Standard yield.	[kg/10a]	4,500~5,000
The nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/10a]	10
The potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/10a]	18

Hokkaido Government All Rights Reserved (2010)

Table 3-4 Effective nutrient contents of dairy cattle manure for grass land.

	Amount of nutritious in dairy cattle manure		N,P- fertilizer efficiency rate included in manure and urea	Amount of effective nutrients in dairy cattle manure	
	[kg/head]				[%]
	Manure	Urea			
Nitrogen (N)	65	40	30	80	
Potassium (K <sub>2</sub> O)	31	114	80	80	
				52	
				116	

Hokkaido Research Organization, Agriculture Research

Department Konsen Agricultural Experiment Station(2007)

Table 3-5 Nitrogen and TDN demands of dairy cattle per day.

Items	Unit	Conditions
Weight.	[kg]	600
Protein demand for body, weight preservation.	[g/day]	548
TDN demand for body, weight preservation.	[kg/day]	3.9
Correction factor of weight gain.	[%]	107.5
Milk fat ratio.	[%]	4.0
Protein demand for milk production.	[g/day]	1,665
TDN demand for milk production.	[kg/day]	7.4
Correction factor of nutrient demand.	[%]	3.7

Japanese Feeding Standard for Dairy Cattle(2006)

Table 3-6 Yield and CP, TDN content of self-supplied grass.

	Self-supplied grass yield [kg-dry/ha]	Self-supplied grass yield except lost harvesting	CP	TDN
	[g/100g-dry]			
First cut grass	4,870	3,896	11.8	66.2
Second cut grass	3,030	2,424	14.2	58.9

Lost rate : 20[%](No, 2005)

Hokkaido Research Organization, Agriculture Research

Department Konsen Agricultural Experiment Station(2000)



Table 3-7 Condition of corn field for feed area in Hokkaido Fertilizer Recommendations 2010.

Items	Unit	Standard application rate of fertilizer
Region.		Tokachi
Classification of soil.		Volcanic soil
Standard yield.	[kg/10a]	5,500
Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/10a]	14
Potassium application rate of fertilizer.	[kg/10a]	20

Hokkaido Government All Rights Reserved (2010)

Table 3-8 Effective nutrient contents of dairy cattle manure for corn field.

	Amount of nutritious. [kg/head]	N,P fertilizer efficiency rate. [%]	Amount of efficiency nutritious. [kg/head]
Nitrogen (N)	105	40	42
Potassium (K <sub>2</sub> O)	145	10	145

Hokkaido Research Organization, Agriculture Research  
Department Konsen Agricultural Experiment Station(2007)

Table 3-9 Condition of corn for feed yield and nitrogen and TDN in corn field for feed area.

	self-supplied corn yeild. [kg-dry/ha]	Self-supplied corn yeild except loss harvesting. [kg-dry/ha]	CP [g/100g-dry]	TDN [g/100g-dry]
Corn for feed	12,150	9,720	8.34	71.1

Loss rate : 20[%](No, 2005)

Yield: Hokkaido Government All Rights Reserved (2012)

CP, TDN: Average of Shikaoi town

Table 3-10 Condition of maximum livestock manure yield in crop land area.

	Crop land area.	Maximum amount of manure application.	Total livestock manure per dairy cattle.
Crops	[ha]	[t/ha]	[t/head]
Wheat	1,463	25	23.5
Beet	1,182	40	

Hokkaido Research Organization, Agriculture Research

Department Konsen Agricultural Experiment Station(2007)

Table 3-11 Nitrogen surplus of ①~④ based on  
Hokkaido Fertilizer Recommendations 2010.

	Items	Unit	A necessary condition and result			
			①	②	③	④
Grass land	Grass land area.	[ha]	3,315			
	The available number of dairy cattle calculated in consideration the possible amount of nitrogen in manure application.	[head/ha]	1.9		1.9	
	The available number of dairy cattle calculated in consideration the possible amount of potassium in manure application.	[head/ha]	1.6		—	
Corn field for feed	Corn field for feed.	[ha]	1,857			
	The available number of dairy cattle calculated in consideration the possible amount of nitrogen in manure application.	[head/ha]	3.3		3.3	
	The available number of dairy cattle calculated in consideration the possible amount of potassium in manure application.	[head/ha]	1.4		—	
Crop field	Wheat field area.	[ha]	—	1,463	—	1,463
	The available number of dairy cattle calculated in consideration the possible amount of nitrogen in manure application.	[head/ha]	—	1.1	—	1.1
	Beet field area.	[ha]	1,182			
	The available number of dairy cattle calculated in consideration the possible amount of nitrogen in manure application.	[head/ha]	—	1.7	—	1.7
Dairy farm area	The number of cattle been able to raise per unit area.	[head/ha]	1.5	2.2	2.4	3.1
	The number of dairy cattle per total management land area.	[head/ha]	7,705	11,273	12,565	16,133
	Amount of nitrogen fixation by leguminous grass per unit area.	[kgN/ha]	41.5			
	Amount of nitrogen include in a chemical fertilizer per unit area.	[kgN/ha]	48.0		0.0	
	Amount of nitrogen include in a concentrated feed per unit area.	[kgN/ha]	94.3	188.8	232.6	354.4
	Amount of nitrogen include in milk per unit area.	[kgN/ha]	62.5	91.4	102	130.8
	Amount of nitrogen include in livestock manure per unit area.	[kgN/ha]	—	35.4	—	35.4
	Nitrogen input per unit area.	[kgN/ha]	184	278	274	396
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	62	127	102	166
Nitrogen surplus per unit area.	[kgN/ha]	121	152	172	230	

Table 4-1 Difference in working hour of owners and spouses.

Question items	Owners	Spouses
	Number of responses	
Milking.	54	53
Manure management.	25	3
Feeding.	49	5
Field work.	17	1
Management of calves.	3	39
Management of medical and bread, etc...	9	16
Vegetables culture.	0	7
Keep accounts.	7	5
Others.	4	2

※Two items out of nine can be selected.

Table 4-2 The relationship between management factors and health condition of dairy cattle (1) ①~⑤.

Health condition Factors	Medical treatments fee.	Number of times for medical treatments.	Medical treatments fee per dairy cattle.	Number of times for medical treatments per dairy cattle.	Medical treatments fee for lactation disease.	Number of times for medical treatments of lactation disease.	Medical treatments fee per dairy cattle for lactation disease.	Number of times for medical treatments of lactation disease per dairy cattle.
	① Amount of purchased concentrated feed per dairy cattle.	—	—	(+) **	NS	—	—	—
② Feed cost to milk receipt ratio.	(+) **	(+) **	(+) **	(+) **	—	—	—	—
④ Net agricultural income per dairy cattle.	—	—	(-) *	(-) **	—	—	—	—
⑤ Net farm income ratio.	(-) *	(-) **	(-) **	(-) **	—	—	—	—

Table 4-2 The relationship between management factors and health condition of dairy cattle (2) ⑥~⑦.

Health condition	Medical treatments fee.	Number of times for medical treatments.	Medical treatments fee per dairy cattle.	Number of times for medical treatments per dairy cattle.	Medical treatments fee for lactation disease.	Number of times for medical treatments of lactation disease.	Medical treatments fee per dairy cattle for lactation disease.	Number of times for medical treatments of lactation disease per dairy cattle.
⑥ Working hours of the except harvest season of owners	(+) *	(+) *	◇	◇	—	—	—	—
⑦ Degree of spouses satisfaction.	◇	◇	(-) *	(-) **	(-) *	(-) *	(-) **	(-) **

◇: it was shown in Appendices



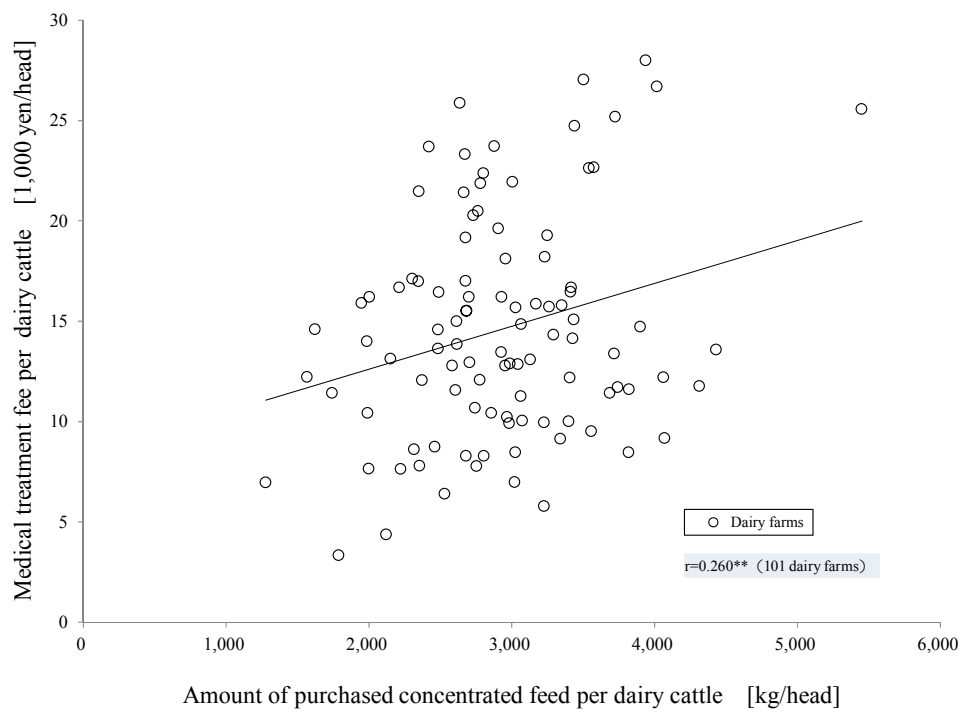


Fig.4-1 The relationship between amount of purchased concentrated feed per dairy cattle and medical treatment fee per dairy cattle.

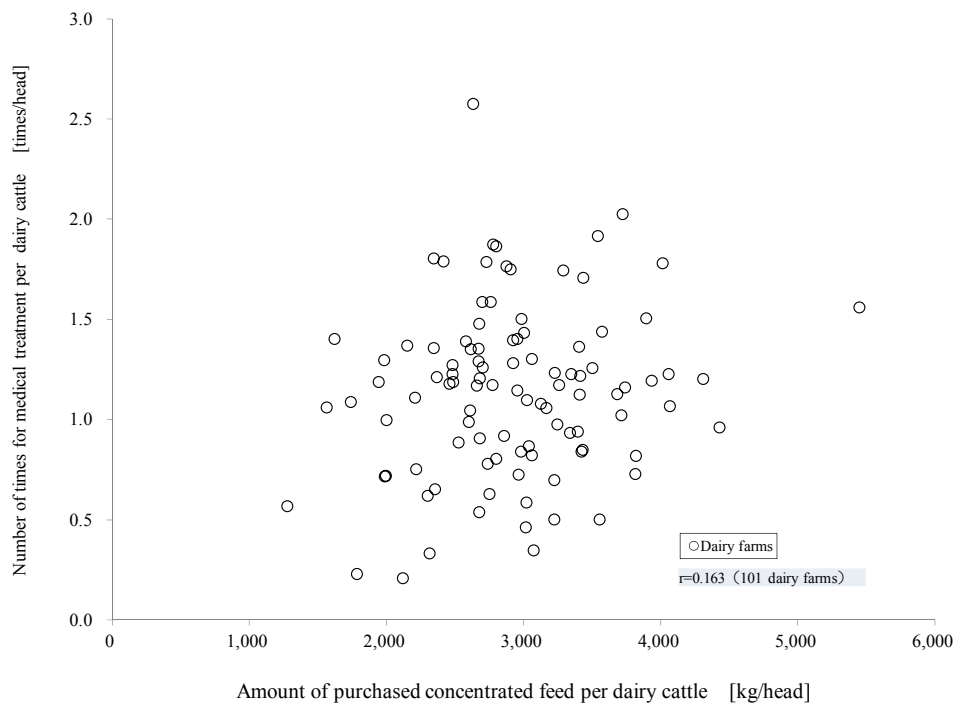


Fig.4-2 The relationship between amount of purchased concentrated feed per dairy cattle and number of times for medical treatment per dairy cattle.

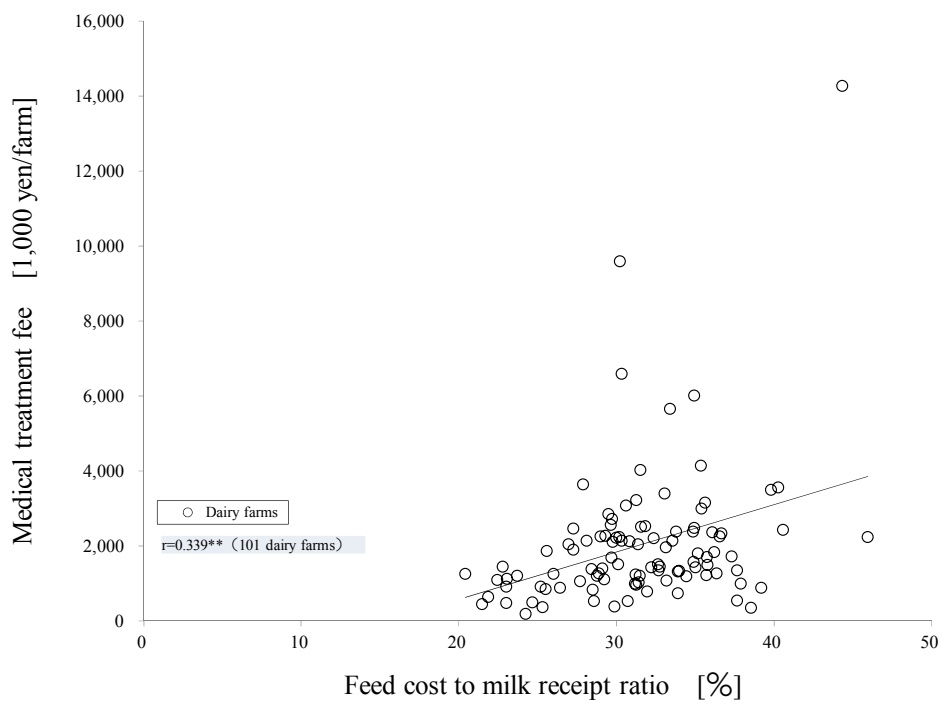


Fig.4-3 The relationship between feed cost to milk receipt ratio and medical treatment fee.

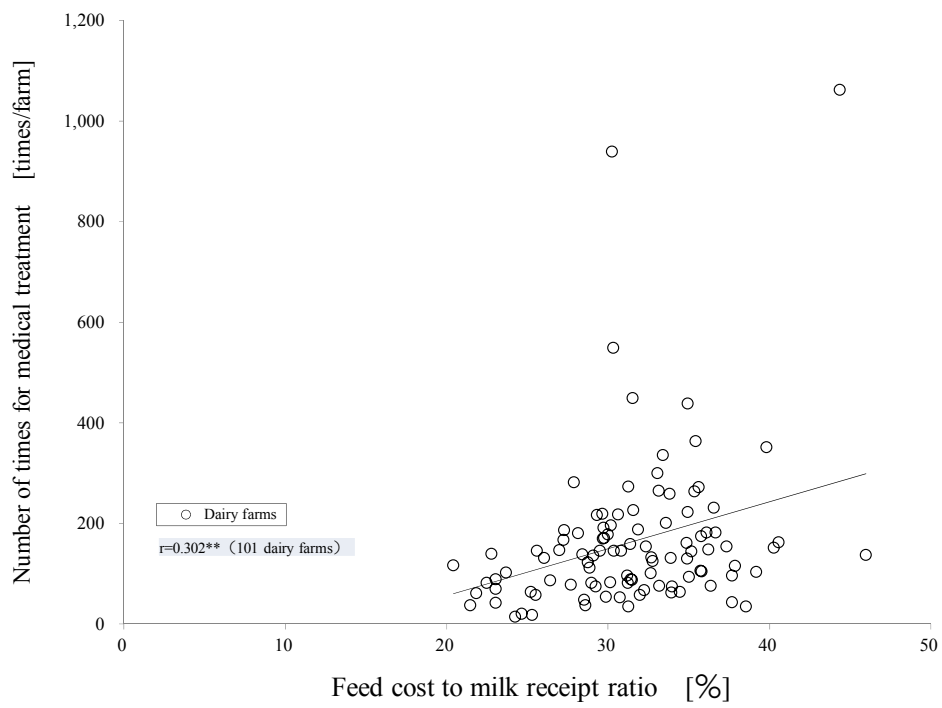


Fig.4-4 The relationship between feed cost to milk receipt ratio and number of times for medical treatment.

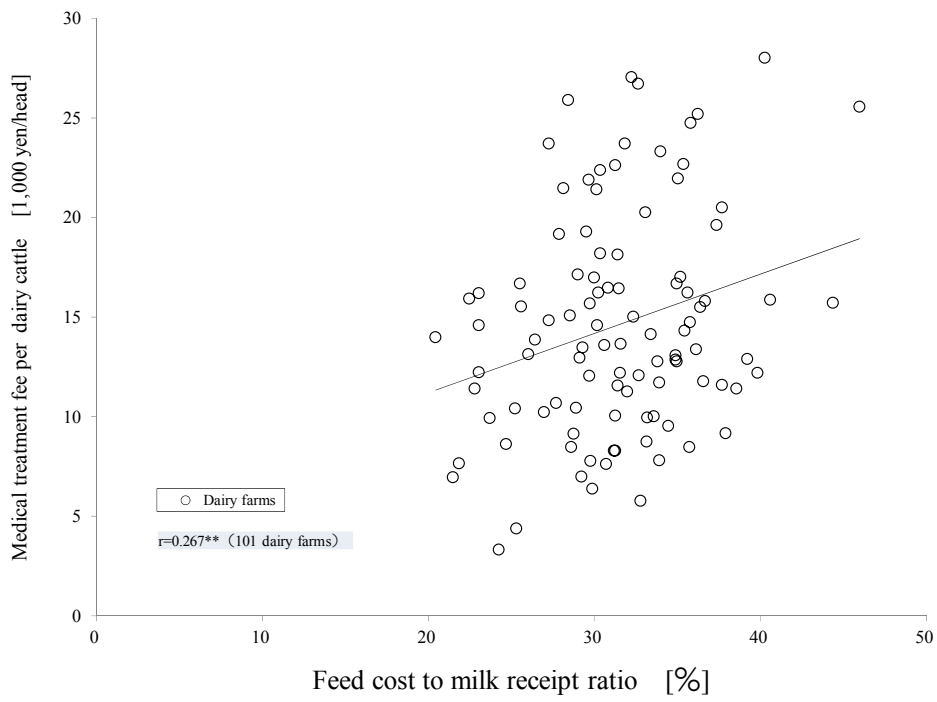


Fig.4-5 The relationship between feed cost to milk receipt ratio and medical treatment fee per dairy cattle.

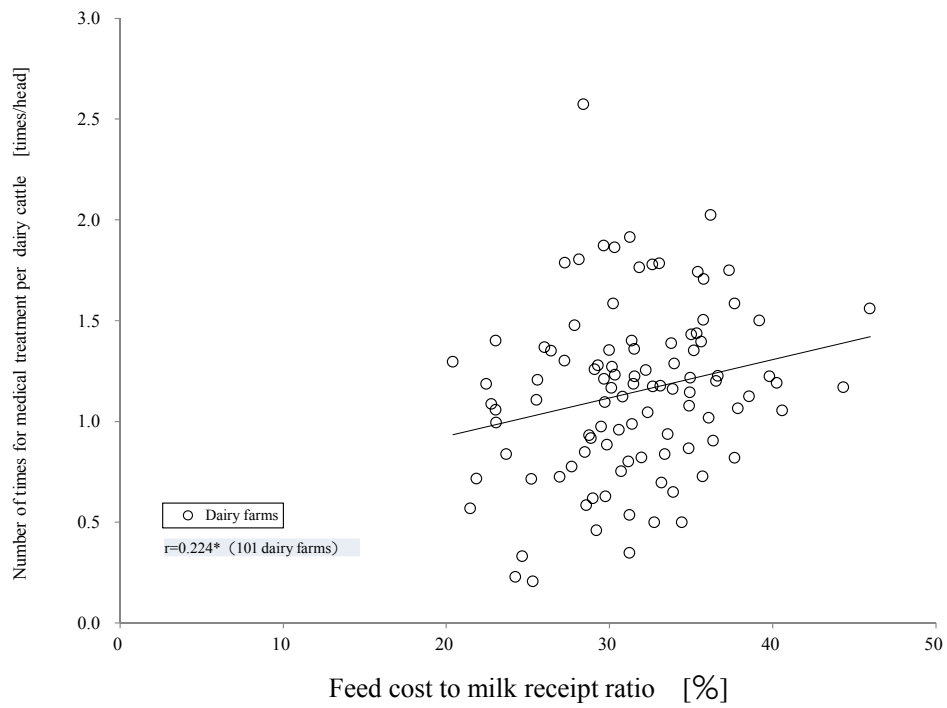


Fig.4-6 The relationship between feed cost to milk receipt ratio and number of times for medical treatment per dairy cattle.

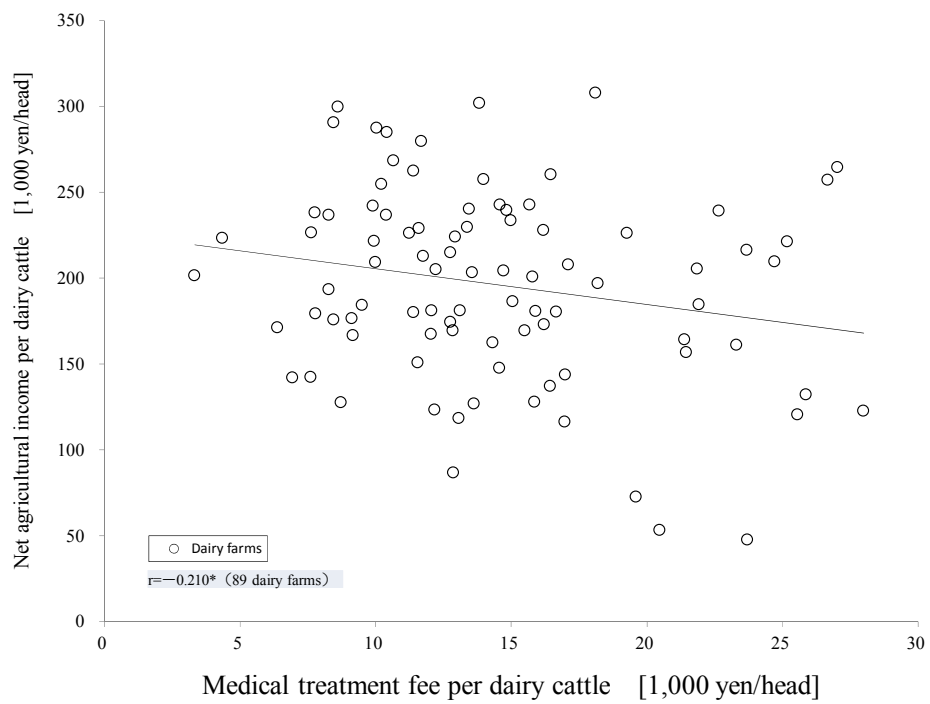


Fig.4-7 The relationship between medical treatment fee per dairy cattle and net agricultural income per dairy cattle.

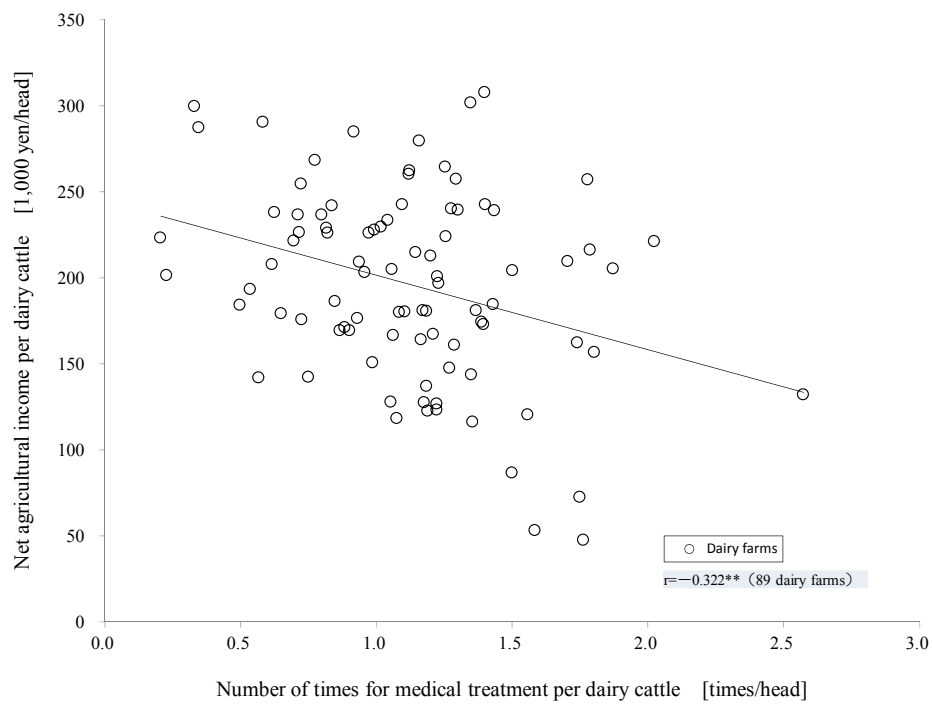


Fig.4-8 The relationship between number of times for medical treatment per dairy cattle and net agricultural income per dairy cattle.



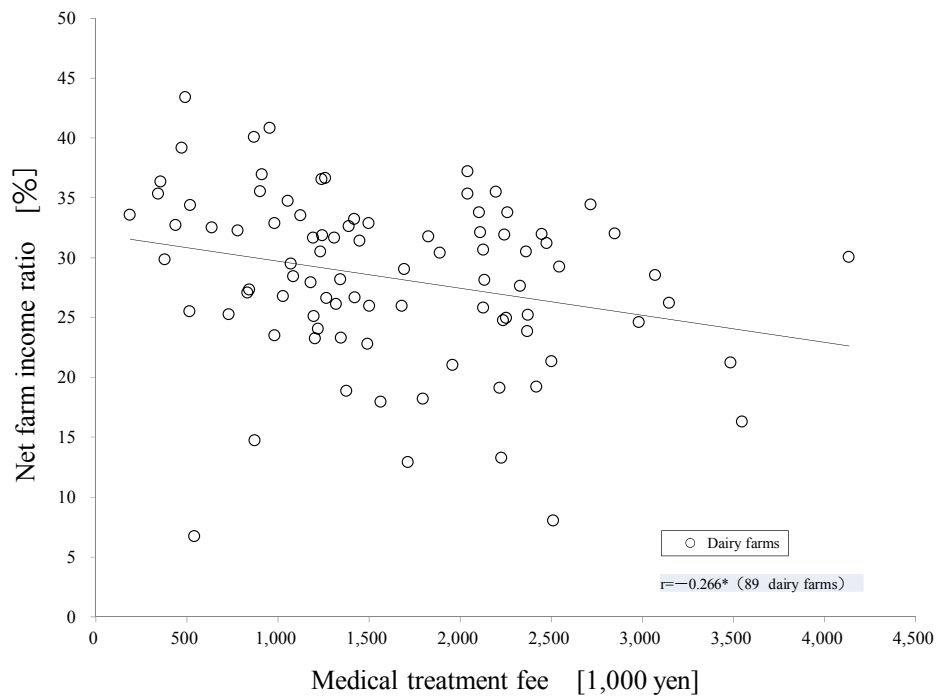


Fig.4-9 The relationship between medical treatment fee and net farm income ratio.

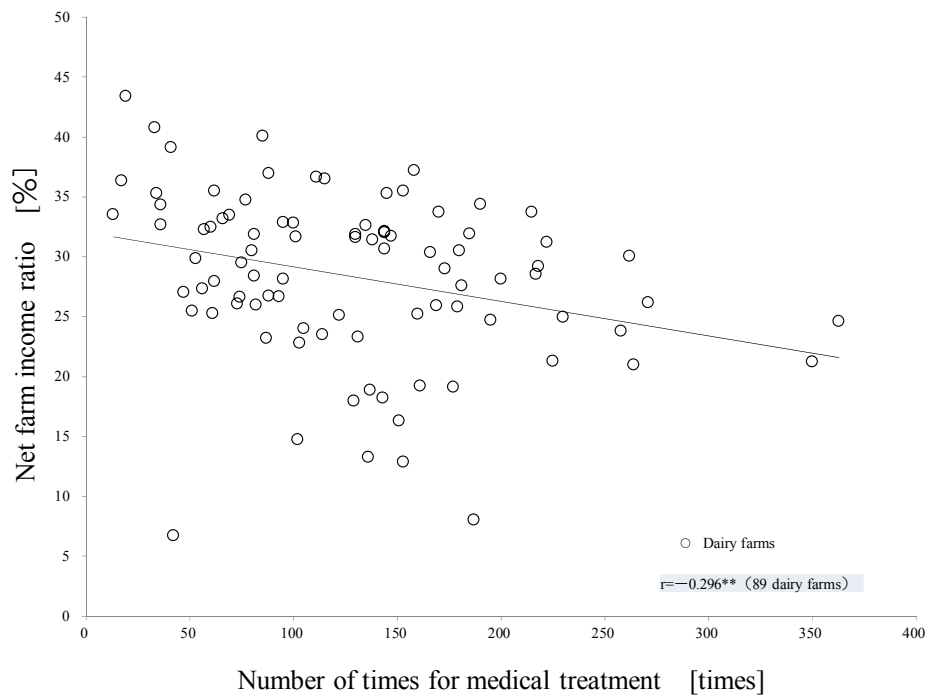


Fig.4-10 The relationship between number of times for medical treatment and net farm income ratio.

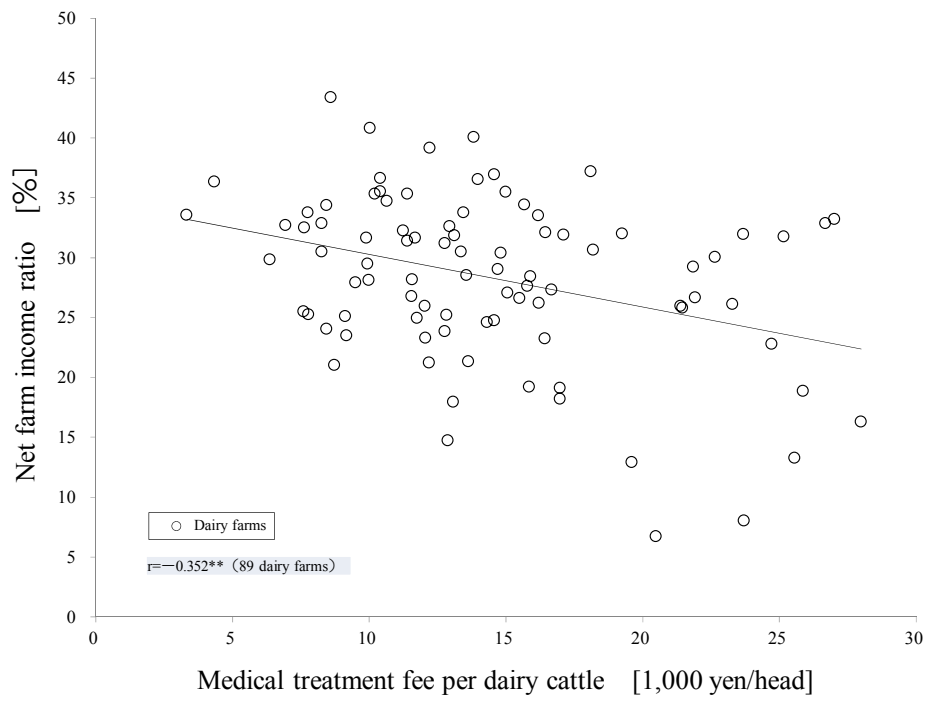


Fig.4-11 The relationship between medical treatment fee per dairy cattle and net farm income ratio.

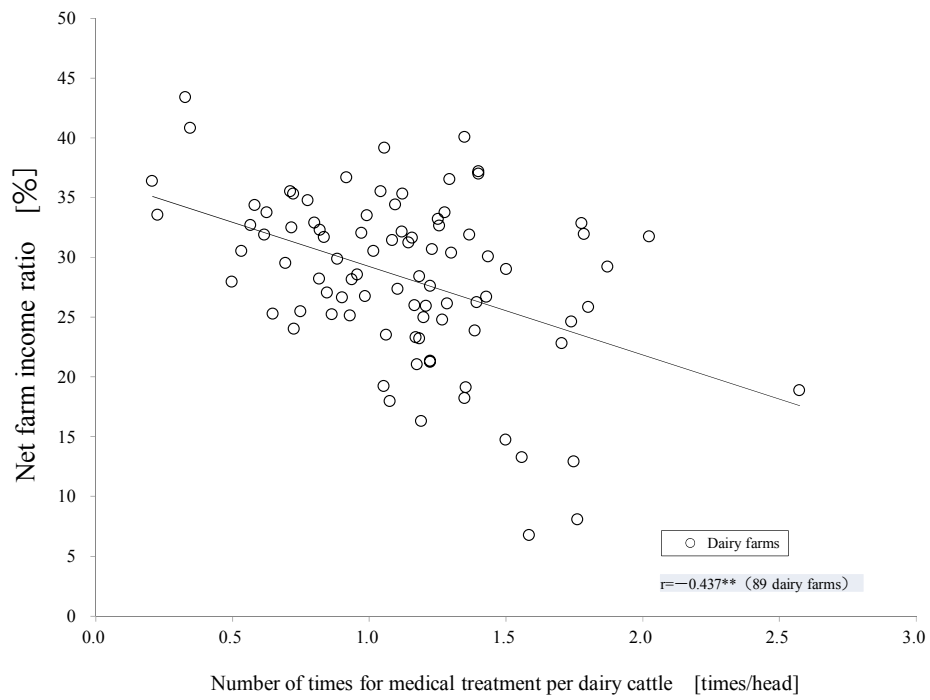


Fig.4-12 The relationship between number of times for medical treatment per dairy cattle and net farm income ratio.

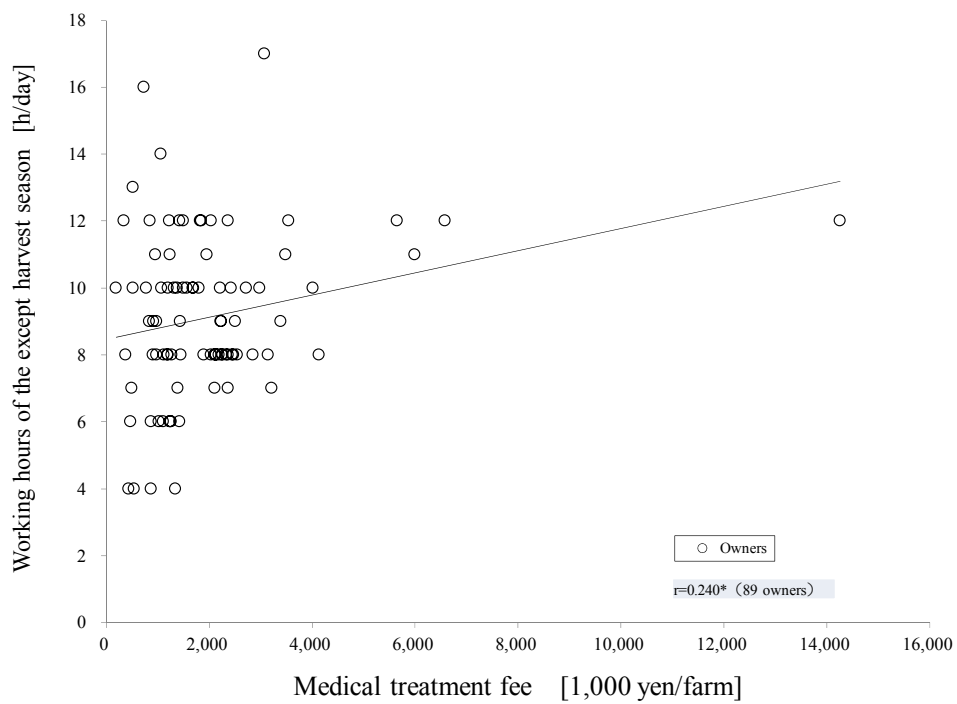


Fig.4-13 The relationship between medical treatment fee and working hours of owners except harvest season.

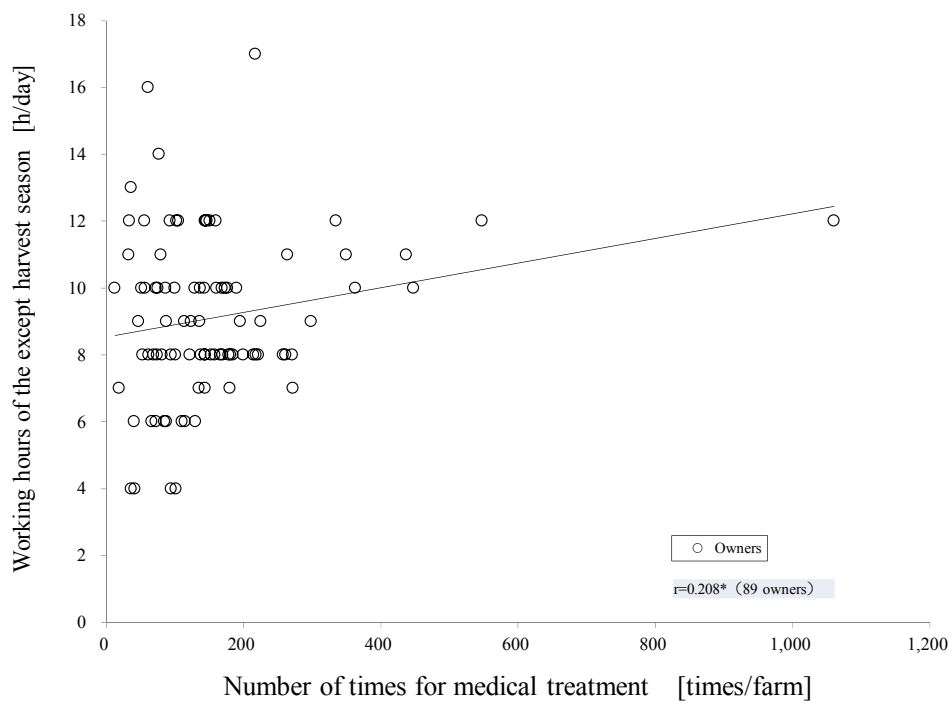


Fig.4-14 The relationship between number of times medical treatment and working hours of owners except harvest season.

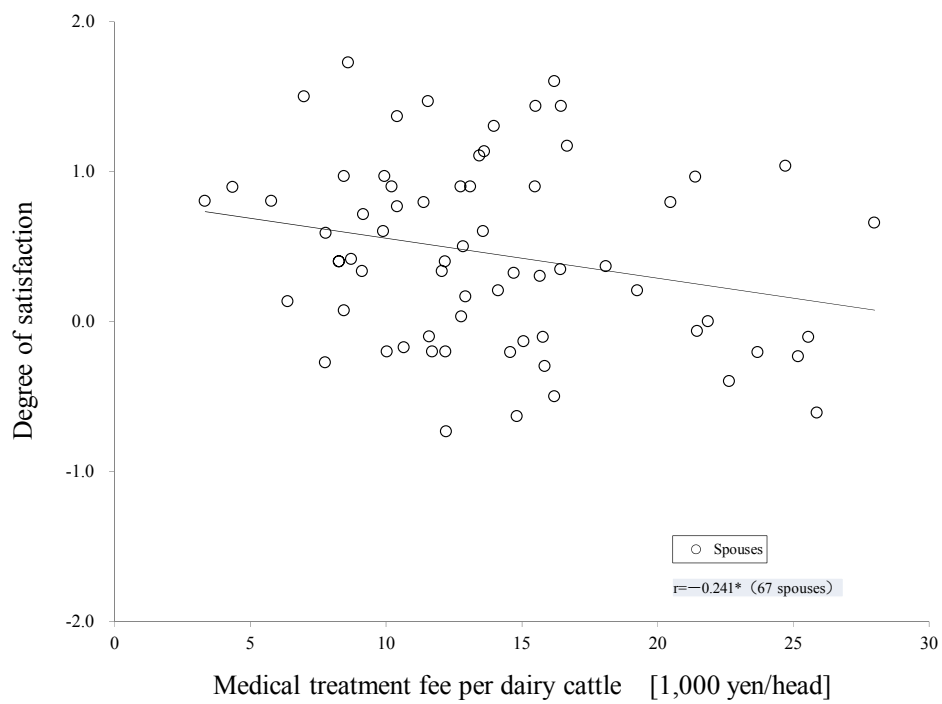


Fig.4-15 The relationship between medical treatment fee per dairy cattle and the degree of satisfaction for spouses.

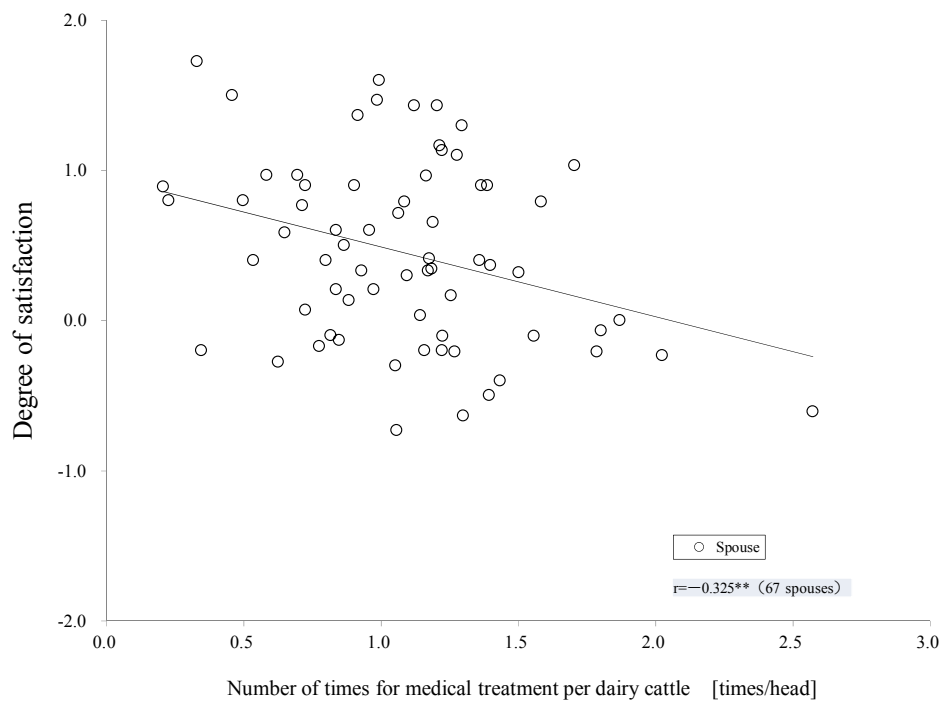


Fig.4-16 The relationship between number of times for medical treatment per dairy cattle and the degree of satisfaction for spouses.



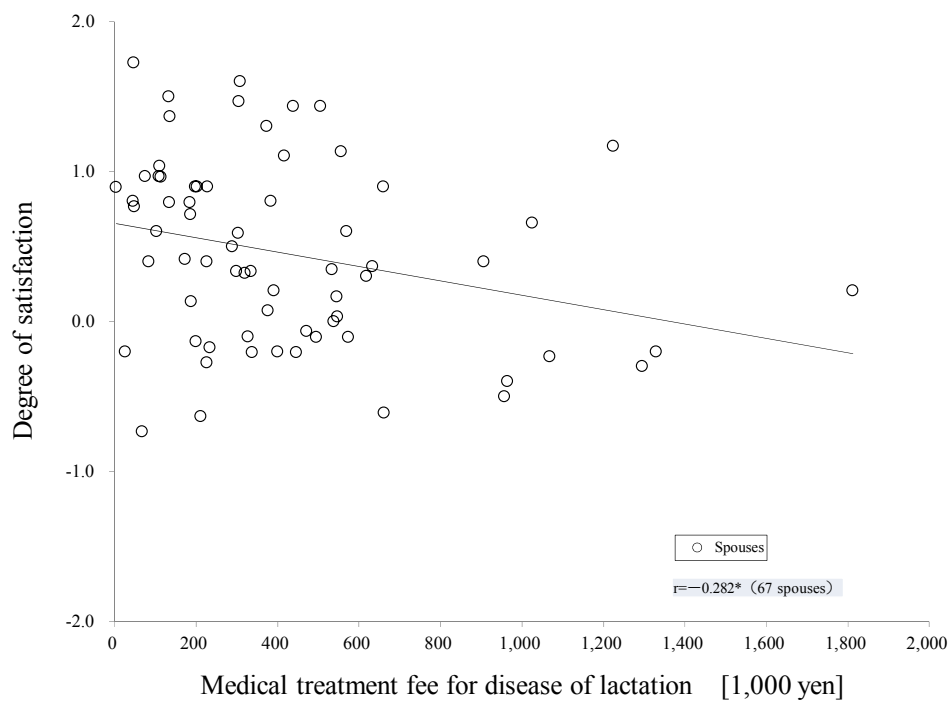


Fig.4-17 The relationship between medical treatment fee for disease of lactation and the degree of satisfaction for spouses.

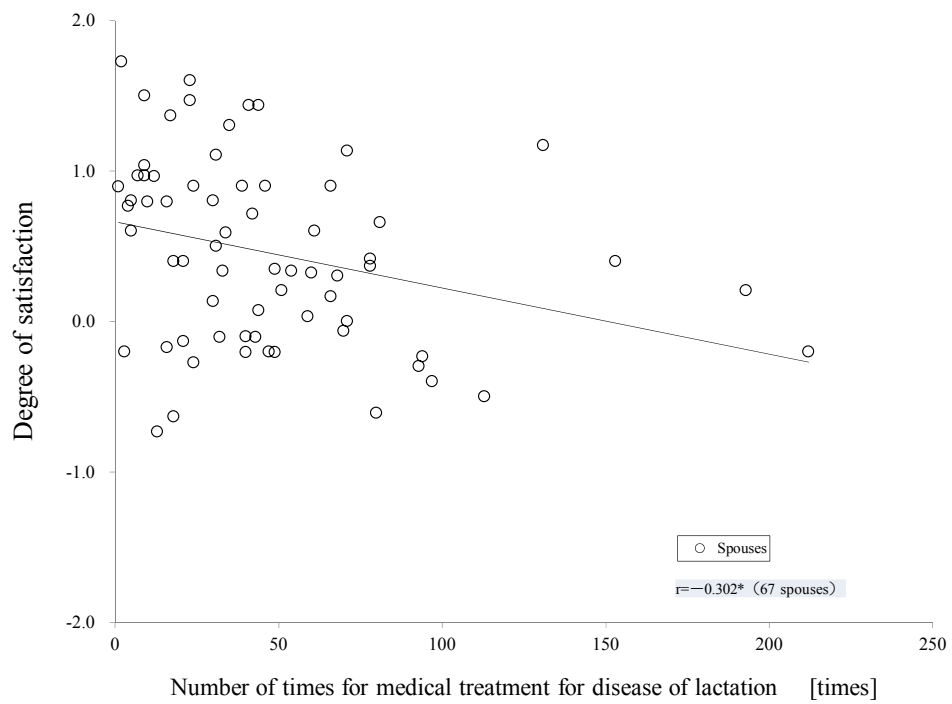


Fig.4-18 The relationship between number of times for medical treatment for disease of lactation and the degree of satisfaction for spouses.

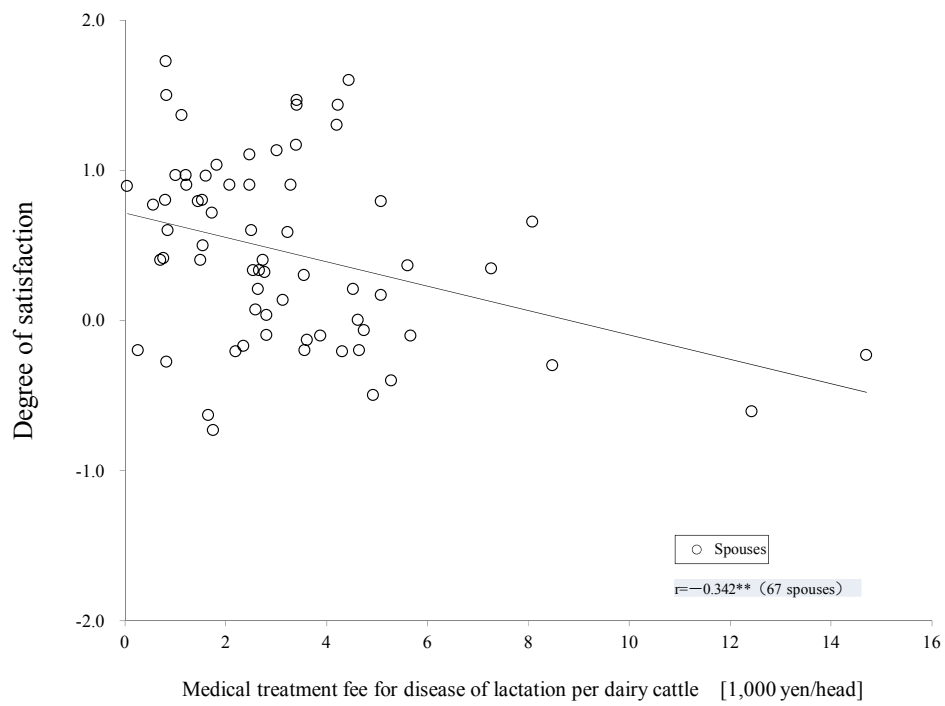


Fig.4-19 The relationship between medical treatment fee for disease of lactation per dairy cattle and the degree of satisfaction for spouses.

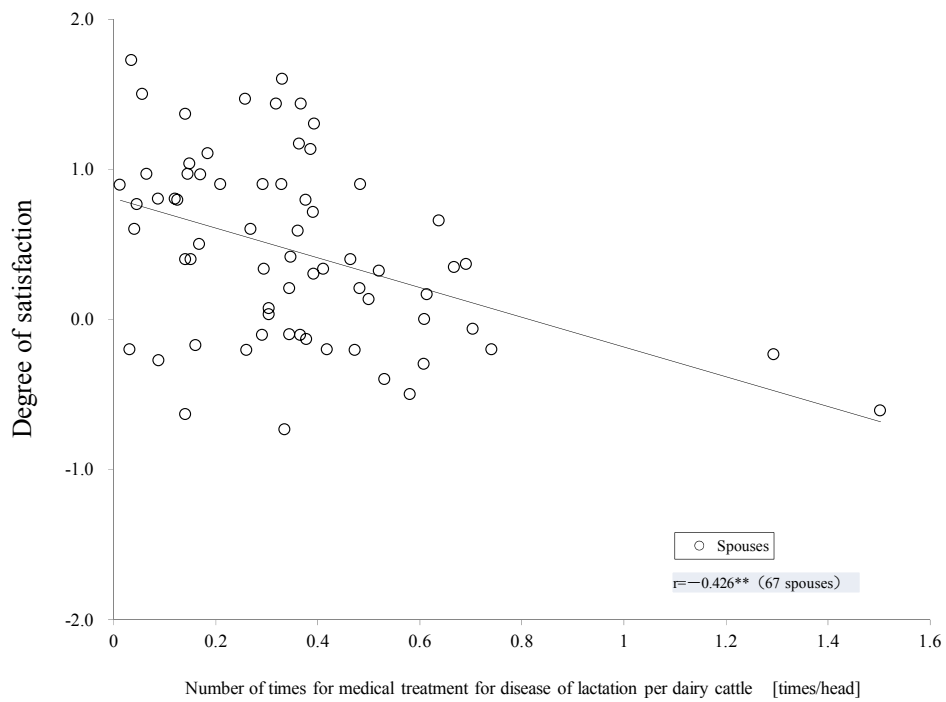


Fig.4-20 The relationship between number of times for medical treatment for disease of lactation per dairy cattle and the degree of satisfaction for spouses.

Table 5 The relationship between management factors and degree of satisfaction for owners and spouses.

Factors.	Net agricultural income.	Net agricultural income per dairy cattle.	Net farm income ratio.	Milk yield.	Milk yield per delivered cattle.	Amount of purchased concentrated feed.	Amount of purchased concentrated feed per dairy cattle.	Feed cost to milk receipt ratio.	Working hours of the harvest season.	Working hours of the except harvest season.
Degree of satisfaction.	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	(-)	*
① Degree of satisfaction for owners.	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	(-)	*
② Degree of satisfaction for spouses.	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	(-)	*	◇

◇: it was shown in Appendices

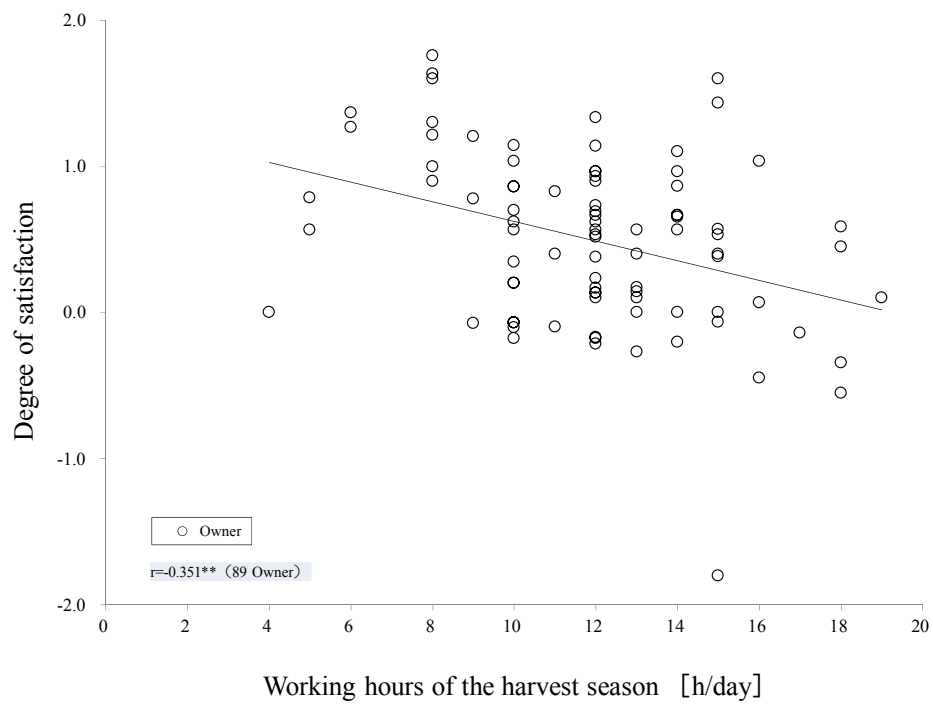


Fig.5-1 The relationship between working hours of the harvest season and degree of satisfaction for owners.

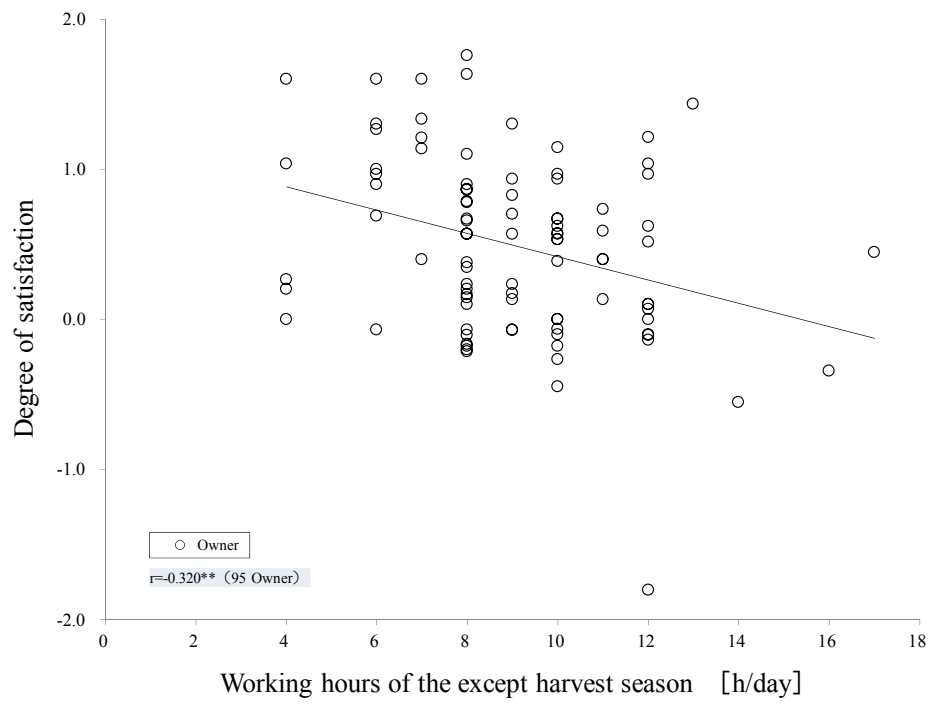


Fig.5-2 The relationship between working hours of the except harvest season and degree of satisfaction for owners.

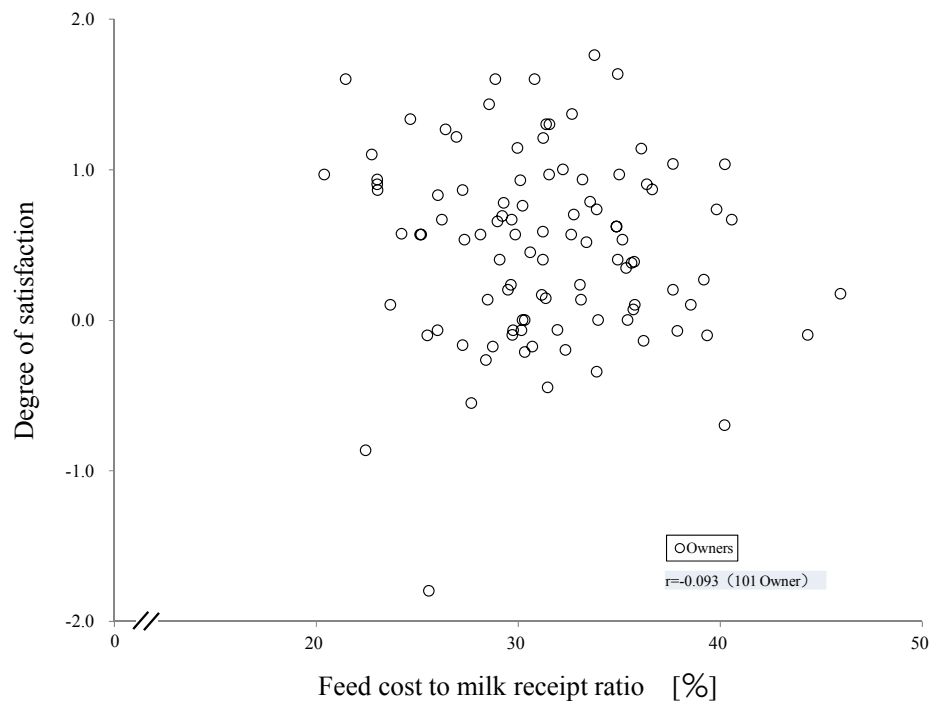


Fig.5-3 The relationship between feed cost to milk receipt ratio and degree of satisfaction for owners.



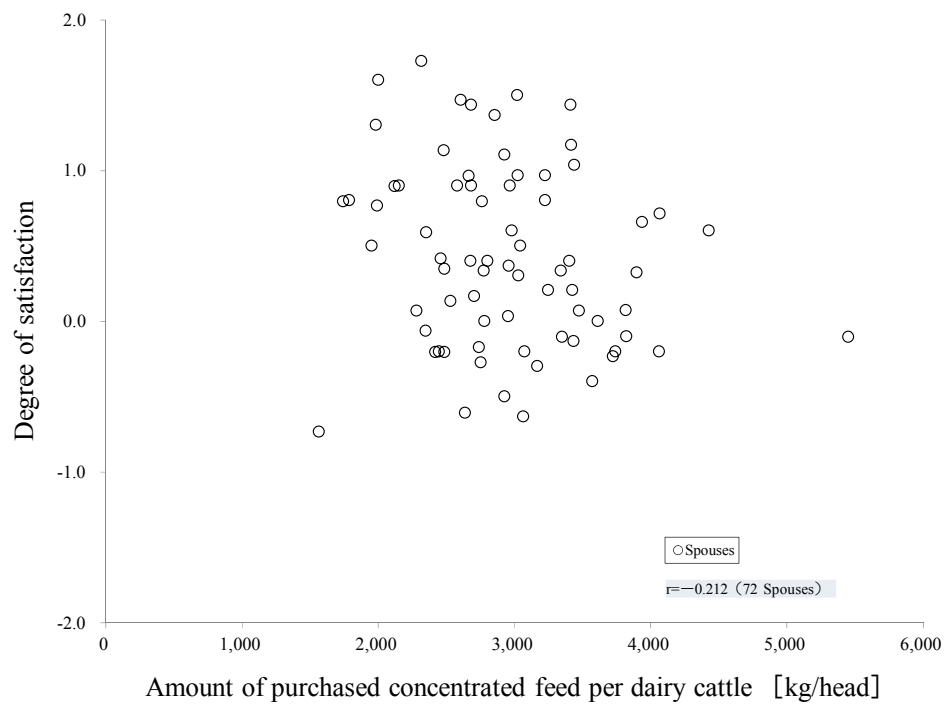


Fig.5-4 The relationship between amount of purchased concentrated feed per dairy cattle and degree of satisfaction for spouses.

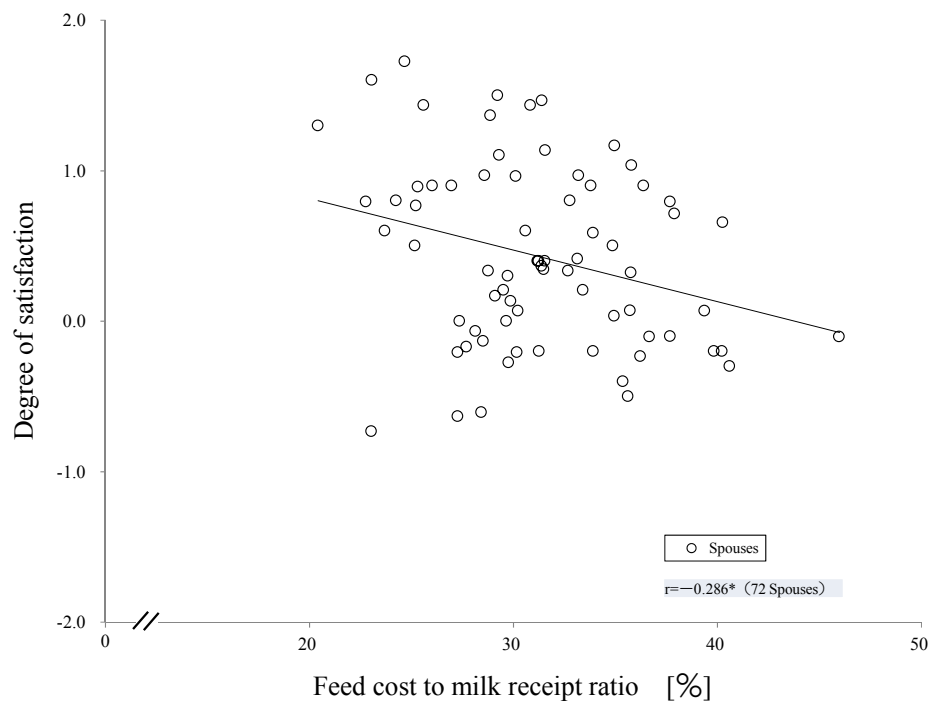


Fig.5-5 The relationship between feed cost to milk receipt ratio and degree of satisfaction for spouses.

Table 6-1 Nitrogen surplus in four conditions.

		Cow density at Shikaoi Town.		Type of dairy stall barn.		Nitrogen input.				Nitrogen output.			Nitrogen surplus.		
A	B	C	D	TS	FS	Others* unknown.	fixation by leguminous grass.	chemical fertilizer.	chemical purchased feed.	Bedding.	Milk.	sales of individual manure.			
O	O	O	O	23	8	—	33	82	183	0	6	72	6	45	182
O	×	O	O	30	23	1	44	100	264	0	7	87	7	14	309
×	×	O	O	1	1	—	22	70	339	0	1	131	7	76	218
×	×	×	×	2	17	1	41	106	396	0	10	127	11	19	396

※ O : suitable; × : beyond allowable values

Table 6-2 Economic efficiency and factors of farm managements in the present conditions.

Livestock density.	Nitrogen surplus.	Amount of concentrated feed per dairy cattle.	Milk yield per delivered cattle.	Feed cost to milk receipt ratio.	Agricultural incomes per dairy cattle.	Net farm income ratio.
		[kg/head]	[kg/head]	[%]	[1,000 yen/head]	[%]
A	O	2,557	7,801	28	200	30
B	O	3,106	8,386	33	178	26
C	×	2,909	8,931	31	166	21
D	×	3,169	8,194	32	163	27

Table 6-3 Conditions for calculating nitrogen surplus in grass land and corn field for feed (1).

Items	Unit	Meadow	Corn field for feed
Land area.	[ha]	4.0	1.0
Nitrogen manure convert value of nutritious matter.	[kgN/ha]	52	42
Potassium manure convert value of nutritious matter.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	116	145
Weight.	[kg]		600
First cut grass yield per unit area.	[kg/ha]	4,870	————
Second cut grass yield per unit area.	[kg/ha]	3,030	————
Corn self-supplied feed yield per unit area.	[kg/ha]	————	12,150
Self-supplied feed lost rate.	[%]		20
Content ratio of crude protein of first cut grass.	[%]	11.8	————
Content ratio of TDN of first cut grass.	[%]	66.2	————
Content ratio of crude protein of second cut grass.	[%]	14.2	————
Content ratio of TDN of second cut grass.	[%]	58.9	————
Content ratio of crude protein of corn for feed.	[%]	————	7.7
Content ratio of the TDN of corn for feed.	[%]	————	73

Table 6-3 Conditions for calculating nitrogen surplus in grass land and corn field for feed (2).

Items	Unit	Grass land	Corn field for feed
Milk yield.	[kg/(head · day)]		24
Milk protein ratio.	[%]		3.3
Milk fat ratio.	[%]		4.1
Amount of crude protein requirements for preservation of dairy cattle per day.	[g/(head · day)]		548
Amount of TDN requirements for preservation of dairy cattle per day.	[kg/(head · day)]		3.9
Correction factor for increase in daily gain.	[%]		100
Amount of crude protein requirements for milk production of dairy cattle per day.	[g/(head · day)]		1,776
Amount of TDN requirements for milk production of dairy cattle per day.	[kg/(head · day)]		7.9
Correction factor for increase in dry matter intake.	[%]		3.5

Japanese Feeding Standard for Dairy Cattle(2006).

Lost rate : 20[%](No.E. 2005).

Hokkaido Research Organization, Agriculture Research

Department Konsen Agricultural Experiment Station(2000).

Hokkaido Dairy Milk Recording & Testing Association (2009).

Table 6-4 Model calculation of number of cattle been able to raise and nitrogen surplus in grass land and corn field for feed (1).

Land type	Items	Unit				
Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100	160
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180			
Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	140			
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	100			
Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.8	1.1	1.4	1.4
	Nitrogen input per unit area.		122	97	63	90
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	34	48	62	62
	Nitrogen surplus per unit area.		88	49	0.48	27
Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100	160
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180			
Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	150			
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	100			
Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.8	1.1	1.4	1.4
	Nitrogen input per unit area.		124	99	65	92
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	34	48	62	62
	Nitrogen surplus per unit area.		90	51	2	29

Table 6-4 Model calculation of number of cattle been able to raise and nitrogen surplus in grass land and corn field for feed (2).

Land type	Items	Unit				
Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100	160
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180			
Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	140			
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	200			
Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.9	1.2	1.5	1.5
	Nitrogen input per unit area.		117	86	145	172
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	40	54	69	69
	Nitrogen surplus per unit area.		77	31	76	103
Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100	160
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180			
Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	150			
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	200			
Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.9	1.2	1.5	1.5
	Nitrogen input per unit area.		119	88	147	174
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	40	54	69	69
	Nitrogen surplus per unit area.		79	33	78	105



Table 6-4 Model of nitrogen surplus in grass land  
and corn field for feed (nitrogen control) (3).

Land type	Items	Unit				
Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100	160
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0.0			
Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	140			
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0.0			
Per unit area	Number of cattle been able to raise.		1.3	1.6	2.2	3.1
	Nitrogen input per unit area.		108	163	238	385
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	58	72	100	142
	Nitrogen surplus per unit area.		50	91	138	244
Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100	160
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0.0			
Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	150			
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0.0			
Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	1.3	1.6	2.3	3.2
	Nitrogen input per unit area.		106	172	247	394
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	60	74	102	144
	Nitrogen surplus per unit area.		46	97	145	250

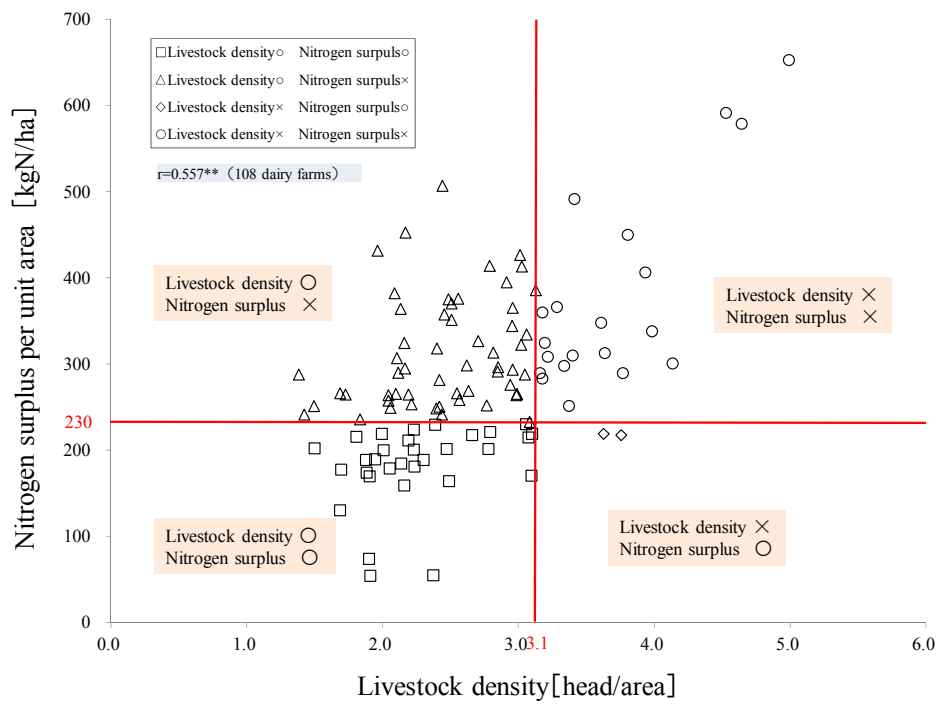


Fig.6 Scatter diagram showing relationship between livestock density and nitrogen surplus, and grouping of farms degrading on their allowable values.

○ : suitable ;      × : beyond allowable values

## Appendices

## List of Appendices

---

### Appendix 1

Title	Page
Names of items and the units used in the theses (1) ~ (4)	214

---

### Appendix 2

Number	Title	Page
2-1	Questionnaire related to leguminous material cycles.	218
2-2-(1)	Questionnaire related to degree of satisfaction (positive questions).	219
2-2-(2)	Questionnaire related to degree of satisfaction (negative questions).	220

---

### Appendix 3

Number	Title	Page
3-1	The relationship between number of adult dairy cattle and medical treatment fee.	221
3-2	The relationship between number of adult dairy cattle and number of times for medical	222

treatment.

- 3-3 The relationship between number of adult dairy cattle and medical treatment fee per dairy cattle. 223
- 3-4 The relationship between number of adult dairy cattle and number of times for medical treatment per dairy cattle. 224
- 3-5 The relationship between amount of purchased concentrated feed and medical treatment fee. 225
- 3-6 The relationship between amount of purchased concentrated feed and number of times for medical treatment. 226
- 3-7 The relationship between milk yield per farm and medical treatment fee. 227
- 3-8 The relationship between milk yield per farm and number of times for medical treatment. 228
- 3-9 The relationship between milk yield per delivered cattle and medical treatment fee per dairy cattle. 229
- 3-10 The relationship between milk yield per delivered cattle and number of times for medical treatment per dairy cattle. 230

3-11	The relationship between number of employee and medical treatment fee.	231
3-12	The relationship between number of employee and number of times for medical treatment.	232
3-13	The relationship between number of employee and medical treatment fee per dairy cattle.	233
3-14	The relationship between number of employee and number of times for medical treatment per dairy cattle.	234
3-15	The relationship between number of employee and medical treatment fee for disease of lactation.	235
3-16	The relationship between number of employee and number of times for medical treatment for disease of lactation.	236
3-17	The relationship between number of employee and medical treatment fee per dairy cattle for disease of lactation.	237
3-18	The relationship between number of employee and number of times for disease of lactation for medical treatment per dairy cattle.	238
3-19	The relationship between net agricultural income	239

and medical treatment fee per farm.

- 3-20 The relationship between net agricultural income and number of times for medical treatment per farm. 240
- 3-21 The relationship between medical treatment fee and working hours for owners of the harvest season. 241
- 3-22 The relationship between number of times medical treatment and working hours for owners of the harvest season. 242
- 3-23 The relationship between medical treatment fee per dairy cattle and working hours for owners of the harvest season. 243
- 3-24 The relationship between number of times medical treatment per dairy cattle and working hours for owners of the harvest season. 244
- 3-25 The relationship between medical treatment fee per dairy cattle and working hours for owners of the except harvest season. 245
- 3-26 The relationship between number of times medical treatment per dairy cattle and working hours for owners of the except harvest season. 246

3-27	The relationship between medical treatment fee and working hours for spouses of the harvest season.	247
3-28	The relationship between number of times medical treatment and working hours for spouses of the harvest season.	248
3-29	The relationship between medical treatment fee per dairy cattle and working hours for spouses of the harvest season.	249
3-30	The relationship between number of times medical treatment per dairy cattle and working hours for spouses of the harvest season.	250
3-31	The relationship between medical treatment fee and working hours for spouses of the except harvest season.	251
3-32	The relationship between number of times medical treatment and working hours for spouses of the except harvest season.	252
3-33	The relationship between medical treatment fee per dairy cattle and working hours for spouses of the except harvest season.	253
3-34	The relationship between number of times medical treatment per dairy cattle and working	254



hours for spouses of the except harvest season.

- 3-35 The relationship between medical treatment fee 255  
and the degree of satisfaction for owners.
- 3-36 The relationship between number of times for 256  
medical treatment and the degree of satisfaction  
for owners.
- 3-37 The relationship between medical treatment fee 257  
per dairy cattle and the degree of satisfaction for  
owners.
- 3-38 The relationship between number of times for 258  
medical treatment per dairy cattle and the degree  
of satisfaction for owners.
- 3-39 The relationship between medical treatment fee 259  
for disease of lactation and the degree of  
satisfaction for owners.
- 3-40 The relationship between number of times for 260  
medical treatment for disease of lactation and  
the degree of satisfaction for owners.
- 3-41 The relationship between medical treatment fee 261  
for disease of lactation per dairy cattle and the  
degree of satisfaction for owners.
- 3-42 The relationship between number of times for 262

medical treatment for disease of lactation per dairy cattle and the degree of satisfaction for owners.

3-43 The relationship between medical treatment fee and the degree of satisfaction for spouses. 263

3-44 The relationship between number of times for medical treatment and the degree of satisfaction for spouses. 264

---

Appendix 4

Number	Title	Page
4-1	The relationship between net agricultural income and degree of satisfaction for owners.	265
4-2	The relationship between net agricultural income per dairy cattle and degree of satisfaction for owners.	266
4-3	The relationship between net ratio of net farm income ratio and degree of satisfaction for owners.	267
4-4	The relationship between number of adult dairy cattle and degree of satisfaction for owners.	268
4-5	The relationship between milk yield and degree of satisfaction for owners.	269

4-6	The relationship between milk yield per delivered cattle and degree of satisfaction for owners.	270
4-7	The relationship between amount of purchased concentrated feed and degree of satisfaction for owners.	271
4-8	The relationship between amount of purchased concentrated feed per dairy cattle and degree of satisfaction for owners.	272
4-9	The relationship between net agricultural income and degree of satisfaction for spouses.	273
4-10	The relationship between net agricultural income per dairy cattle and degree of satisfaction for spouses.	274
4-11	The relationship between net ratio of net farm income ratio and degree of satisfaction for spouses.	275
4-12	The relationship between number of adult dairy cattle and degree of satisfaction for spouses.	276
4-13	The relationship between milk yield and degree of satisfaction for spouses.	277

4-14	The relationship between milk yield per delivered cattle and degree of satisfaction for spouses.	278
4-15	The relationship between amount of purchased concentrated feed and degree of satisfaction for spouses.	279
4-16	The relationship between working hours of the harvest season and degree of satisfaction for spouses.	280
4-17	The relationship between working hours of the feed harvest off-season and degree of satisfaction for spouses.	281

---

Appendix 5

Number	Title	Page
5-1	Conditions for calculating nitrogen surplus in grass land (1) ~ (2).	282
5-2	Conditions for calculating number of cattle been able to raise and nitrogen surplus in type 3 and 4 (1) ~ (2).	284
5-3	Conditions for calculating number of cattle able to raise and nitrogen surplus in type 1 and 2 (1) ~ (3).	286

5-4	Model calculation of number of cattle been able to raise and nitrogen surplus in grass land.	289
5-5	Model calculation of number of cattle been able to raise and nitrogen surplus in grass land (nitrogen control).	290
5-6	Model calculation of number of cattle been able to raise and nitrogen surplus in type 4 (1) ~ (2).	291
5-7	Model calculation of number of cattle been able to raise and nitrogen surplus in type 3 (nitrogen control)	293
5-8	Model calculation of number of cattle been able to raise and nitrogen surplus in type 4 (nitrogen control) .	294
5-9	Model calculation of number of been cattle able to raise and nitrogen surplus in type 1 (1) ~ (4).	295
5-10	Model calculation of number of been cattle able to raise and nitrogen surplus in type 2 (1) ~ (4).	299
5-11	Model calculation of number of been cattle able to raise and nitrogen surplus in type 1 (nitrogen control) (1) ~ (2).	303
5-12	Model calculation of number of been cattle able to raise and nitrogen surplus in type 2 (nitrogen	305

control) (1) ~ (2).

---

Appendix 1 Names of items and the units used in the theses (1).

Items	Unit
Number of adult dairy cattle.	[head]
Management land area.	[ha]
Livestock density.	[head/ha]
Agricultural incomes.	[1,000yen]
Agricultural expenses.	[1,000yen]
Net agricultural incomes.	[1,000yen]
Agricultural incomes per dairy cattle.	[1,000yen/head]
Agricultural expenses per dairy cattle.	[1,000yen/head]
Net agricultural incomes per dairy cattle.	[1,000yen/head]
Net farm income ratio.	[%]
Energy input.	[GJ]
Amount of energy output.	[GJ]
Amount of energy input per unit area.	[GJ/ha]
Amount of energy output per unit area.	[GJ/ha]
Input-output ratio.	[%]
Nitrogen input.	[kgN]
Nitrogen output.	[kgN]
Nitrogen surplus.	[kgN]
Nitrogen input per unit area.	[kgN/ha]
Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]
Nitrogen surplus per unit area.	[kgN/ha]
Nitrogen utilization ratio.	[%]
Medical treatment fee.	[1,000yen]
Medical treatment fee per dairy cattle.	[1,000yen/head]
Number of times for medical treatment.	[number of times]
Number of times for medical treatment per dairy cattle.	[number of times/head]

Appendix 1 Names of items and the units used in the theses (2).

Items	Unit
Reciprocal number of input energy per unit area.	$[\times 10^{-4} \text{ha/GJ}]$
Reciprocal number of nitrogen surplus per unit area.	$[\times 10^{-4} \text{ha/kg-N}]$
Reciprocal number of medical treatment fee per dairy cattle.	$[\times 10^{-4} \text{head/1,000yen}]$
Reciprocal number of number of times for medical treatment per dairy cattle.	$[\times 10^{-4} \text{head/number of times}]$
Degree of satisfaction (plus 2).	[degree of satisfaction]
Leguminous grass rate.	[%]
A content ratio of crude protein.	[%]
A content ratio of TDN.	[%]
Standard yield.	[kg/10a]
Standard application rate of fertilizer.	[kg/10a]
Standard fertilizer effect rate.	[kg/kg]
Amount of nutritious matter per cattle.	[kg/head]
Manure convert value of nutrient.	[kg/head]
Amount of livestock manure per dairy cattle.	[t/head]
Weight.	[kg]
Amount of crude protein.	[g/day]
Amount of TDN.	[kg/day]
Correction factor for dairy gain increase.	[%]
Correction factor for increase in dry matter intake.	[%]
Amount of TDN requirements for preservation of dairy cattle per day.	[kg/day]
Amount of crude protein requirements for preservation of dairy cattle per day.	[g/day]
Amount of TDN requirements for milk production of dairy cattle per day.	[kg/day]



Appendix 1 Names of items and the units used in the theses (3) .

Items	Unit
Amount of crude protein requirements for milk production of dairy cattle per day.	[g/day]
Milk fat ratio.	[%]
Milk protein.	[%]
Self-supplied feed yield.	[kg/ha]
Maximum livestock manure yield.	[t/ha]
Livestock manure per dairy cattle.	[t/head]
Self-supplied feed lost rate.	[%]
Self-supplied feed yield included lost yield.	[kg/ha]
Grass land area.	[ha]
Amount of nitrogen fixation by leguminous grass per grass land area.	[kgN/ha]
The number cattle able to raise per grass land area.	[head/ha]
Amount of nitrogen include in a chemical fertilizer per grass land area.	[kgN/ha]
Amount of nitrogen per grass land area.	[kgN/ha]
Amount of TDN per grass land area.	[kgTDN/ha]
Amount of nitrogen demand per grass land area.	[kgN/ha]
Amount of TDN demand per grass land area.	[kgTDN/ha]
Amount of nitrogen include in milk demand per grass land area.	[kgN/ha]
Corn field for feed.	[ha]
Wheat field area.	[ha]
Acceptable nitrogen of manure per field area.	[kgN/ha]
Beet field area.	[ha]
Number of cattle raise.	[head/ha]
Number of dairy cattle per management land area.	[head/ha]

Appendix 1 Names of items and the units used in the theses (4).

Items	Unit
Amount of nitrogen fixation by leguminous grass per unit area.	[kgN/ha]
Amount of nitrogen include in chemical fertilizer per unit area.	[kgN/ha]
Amount of nitrogen include in a concentrated feed per unit area.	[kgN/ha]
Amount of nitrogen include in milk per unit area.	[kgN/ha]
Amount of nitrogen include in livestock manure per unit area.	[kgN/ha]
Milk yield.	[kg]
Milk yield per delivered cattle.	[kg/head]
Milk yield per delivered cattle per day.	[kg/(head•day)]
Amount of concentrated feed.	[kg]
Amount of concentrated feed per dairy cattle.	[kg/head]
Feed cost to milk receipt ratio.	[%]
Number of employee.	[People]
Working hours in the season for feed harvesting.	[h/day]
Working hours in the off-season for feed harvesting.	[h/day]

Appendix 2-1 Questionnaire related to material cycles.

① 地域内物質循環に関するアンケート(酪農)

資料 I

酪農経営主用

(経営主の方のみ記入下さい)

○印又は数字・文字を記入してお答え下さい

問 1. 敷料と堆肥の利用についてお聞きします。

1) あなたは麦稈をどのように確保していますか？

確保手段	ロール1ヶの重さ(概ね)	確保個数と確保(圃場)場所
1. 購入	200kg・250kg・300kg・350kg・400kg	町内 個 ・ 町外 個
2. 交換	200kg・250kg・300kg・350kg・400kg	町内 個 ・ 町外 個
3. 自家生産	200kg・250kg・300kg・350kg・400kg	町内 個 ・ 町外 個

2) あなたは堆肥を畑作農家等に提供していますか？

提供方法	概算の提供割合	提供数量	提供先
1. 売却	成牛の 月分・育成牛の 月分	約 トン	町内・町外
2. 交換	成牛の 月分・育成牛の 月分	約 トン	町内・町外
3. 無償提供	成牛の 月分・育成牛の 月分	約 トン	町内・町外
4. 提供していない(全部自家利用)			

問 2. 交換耕作(一時的に、畑作家の畑と自分の畑を、交換して耕作する)を行っていますか？

実施の有無	畑作に貸した面積と作付作目	畑作から借りた面積と作付作目
1. 実施している	面積 ha( 甜菜・小麦・芋・豆 ) 面積 ha( 甜菜・小麦・芋・豆 )	面積 ha ( 草地・コーン ) 面積 ha ( 草地・コーン )
2. 実施していない	※作付している作目に○印をつけてください	

問 3. 十勝で生産されている飼料[工場副産物(粕類)やサイレージ、牧草など]を購入していますか？

購入の有無	飼料名	購入数量	購入先
1. 購入している	1. 生パルプ	約 トン	清水製糖工場・芽室日甜製糖工場
	2. スイートコーン残渣	約 トン	芽室日缶工場・( )
	3. サイレージ	約 トン	町内・町外
	4. 牧草	約 トン	町内・町外
	5. その他( )	約 トン	町内・町外
2. 購入していない			

問 4. マメ科牧草とイネ科牧草の混播割合と面積についてお答え下さい。

\*混播割合に差がある場合には、それぞれの割合毎にお答え下さい。

<記入例> マメ科 : イネ科 = ( 2 ) : ( 8 ) で ( 10 ) ha

マメ科 : イネ科 = ( ) : ( ) で ( ) ha

マメ科 : イネ科 = ( ) : ( ) で ( ) ha

Appendix 2-2-(1) Questionnaire related to degree of satisfaction  
(positive questions).

② 満足度についてのアンケート(酪農)

資料Ⅱ  
全員用

**(他の方と相談せずに、必ずご自身のことをお答え下さい。)**

○印又は数値・文字でお答え下さい

I. 回答者に関するアンケート

- 問1. あなたの年齢と性別を教えてください。 ( )歳 男・女
- 問2. あなたはどれにあたりますか? A 経営主 B 配偶者 C 後継者 D 常雇者 E その他
- 問3. お宅の経営はどれにあたりますか? A 酪農専業 B 複合経営(酪農と畑作)
- 問4. あなたの平均的な1日の作業時間は ①飼料収穫期 :約( )時間  
何時間ですか? ②飼料収穫期以外:約( )時間
- 問5. あなた自身が多く時間をかけている作業をA~Gの中から2つ選び○印をつけて下さい。
- A. 搾乳作業 B. 糞尿処理作業  
C. 飼料調節および給餌作業 D. 圃場作業  
E. 仔牛の管理作業 F. 個体管理(診療・受精を含む)作業  
G. 野菜作り作業 H. 帳簿の整理作業  
I. その他( )

II. ご自身の「気持ちに」関するアンケート

問6. ご自身の「気持ち」として、A~Mの項目の1~5の数字に○印を付けて下さい。

	はい	← どちらともいえない	→ いいえ
A 所得(給料)が確保できている.....	5	4	3 2 1
B 住宅に満足できている.....	5	4	3 2 1
C 車や家具などに不自由しない.....	5	4	3 2 1
D 自分一人の時間ができる.....	5	4	3 2 1
E 趣味や娯楽で外出ができる.....	5	4	3 2 1
F 自然に囲まれている.....	5	4	3 2 1
G 仕事が楽しいと思える.....	5	4	3 2 1
H 独立して「さいはい」*をふるえる.....	5	4	3 2 1
I 仕事が社会のためになっている.....	5	4	3 2 1
J 穏やかな気持ちで家族と話せる.....	5	4	3 2 1
K 健康なくらしができる.....	5	4	3 2 1
L 職を失う心配がない.....	5	4	3 2 1
M 新しい出会いがある.....	5	4	3 2 1
N 老後について安心できる.....	5	4	3 2 1

\*「さいはい」...命令や指図をすること。

Appendix 2-2-(2) Questionnaire related to degree of satisfaction  
(negative questions).

問 7. 次の質問についてどう思われますか？

当てはまる割合に応じて、A～Pの項目の1～5の数字に○印を付けて下さい。

	はい	←	どちらともいえない	→	いいえ
A 家畜・作物の病気が多い……………	5	4	3	2	1
B 家族との時間を作るのが難しい……………	5	4	3	2	1
C 畜産物生産・作物生産量が増えてこない……………	5	4	3	2	1
D 畜産物生産・作物の品質に悩んでいる……………	5	4	3	2	1
E 家計費が十分とれない……………	5	4	3	2	1
F 返済が順調に進まない……………	5	4	3	2	1
G 体力がついてこない……………	5	4	3	2	1
H 農協と意見が合わない……………	5	4	3	2	1
I 近所の農家と意見が合わない……………	5	4	3	2	1
J 設備を新しくする資金を作れない……………	5	4	3	2	1
K 休日と思うようにとれない……………	5	4	3	2	1
L 家族間の作業分担が難しい……………	5	4	3	2	1
M 家事や子育てに手が回らない……………	5	4	3	2	1
N 時間に追われて落ち着けない……………	5	4	3	2	1
O うまのあう仲間を作れない……………	5	4	3	2	1
P 自分の技術や能力をいかせない……………	5	4	3	2	1

問 8. 最後に総合的な問題として以下の質問についてお聞きします。最も適合するものを○印で囲んで下さい。

1) 現在、あなたのしている仕事に対して御自身は満足していますか？

[ とても満足している ・ やや満足している ・ 普通 ・ やや不満 ・ とても不満 ]

2) 現在、あなたの生活に対して御自身は満足していますか？

[ とても満足している ・ やや満足している ・ 普通 ・ やや不満 ・ とても不満 ]

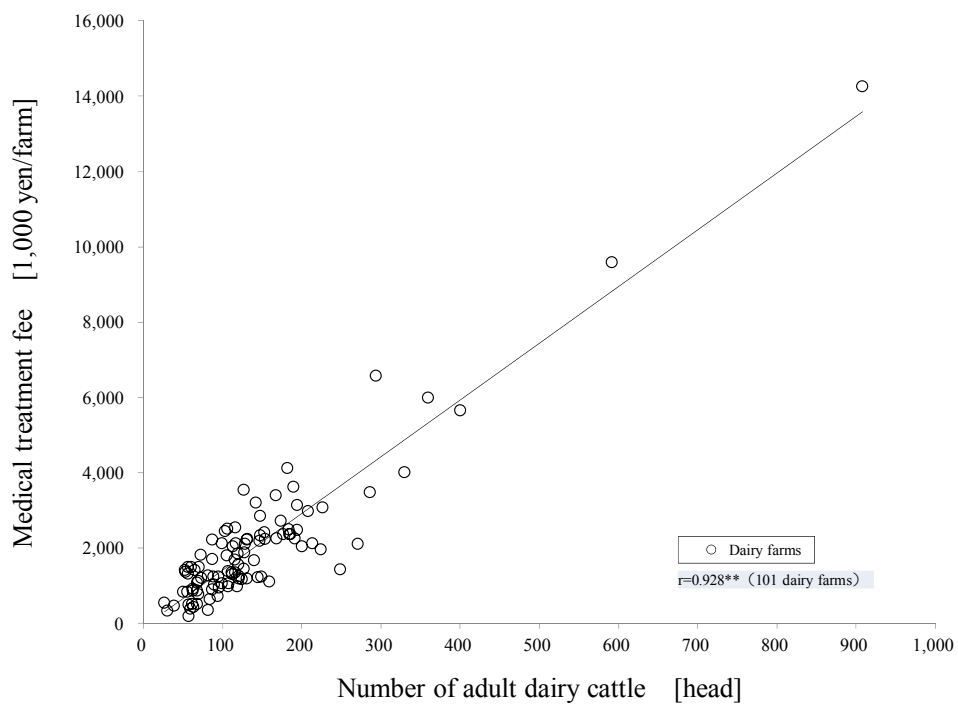
3) あなたが仕事から得られるお金、つまり所得に対して御自身は満足していますか？

[ とても満足している ・ やや満足している ・ 普通 ・ やや不満 ・ とても不満 ]

4) 仕事、生活、所得をトータルして現状に満足していますか？

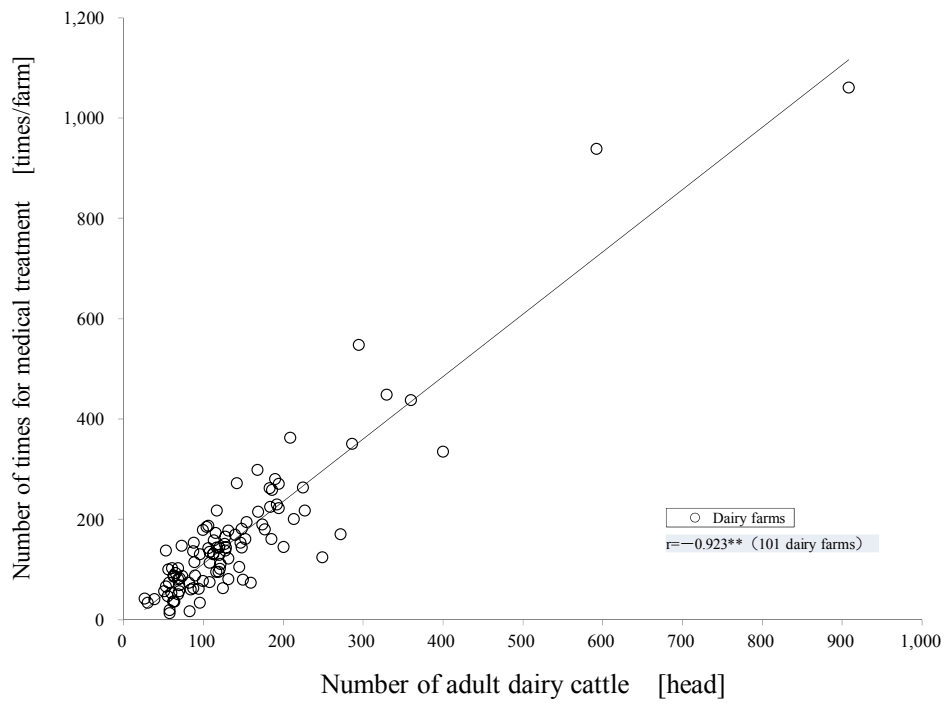
[ とても満足している ・ やや満足している ・ 普通 ・ やや不満 ・ とても不満 ]

ご協力ありがとうございました。



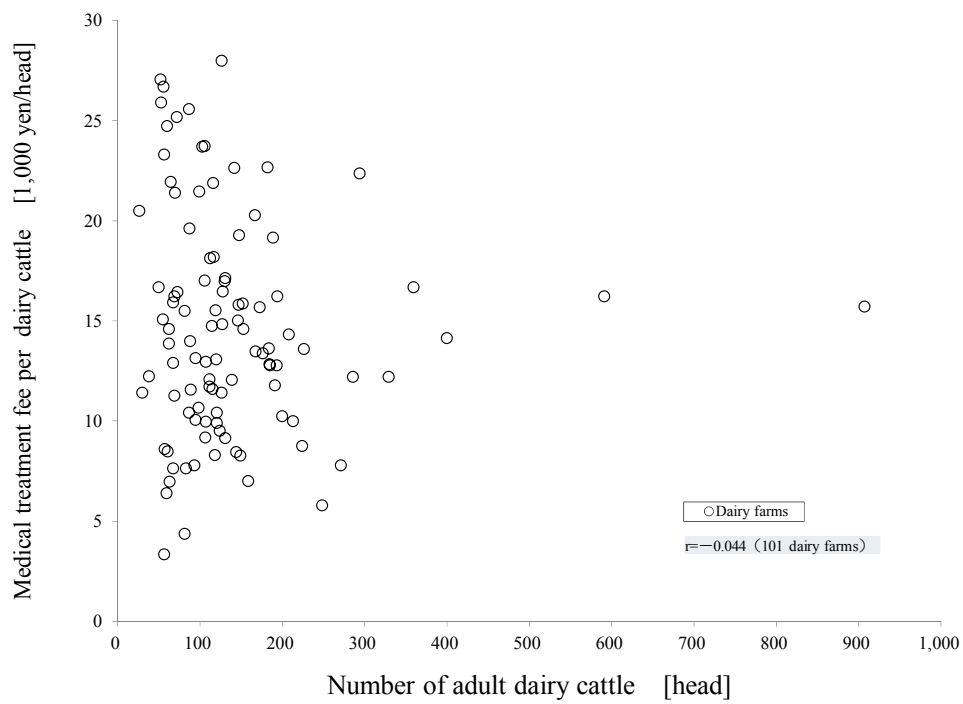
### Appendix 3-1

The relationship between number of adult dairy cattle and medical treatment fee.



### Appendix 3-2

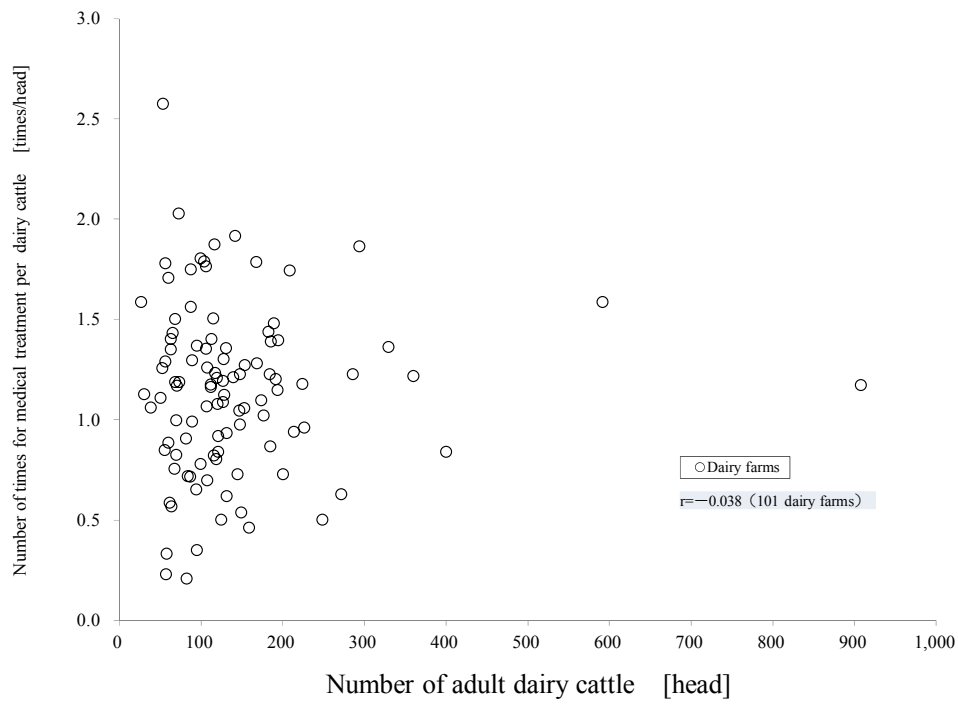
The relationship between number of adult dairy cattle and number of times for medical treatment.



### Appendix 3-3

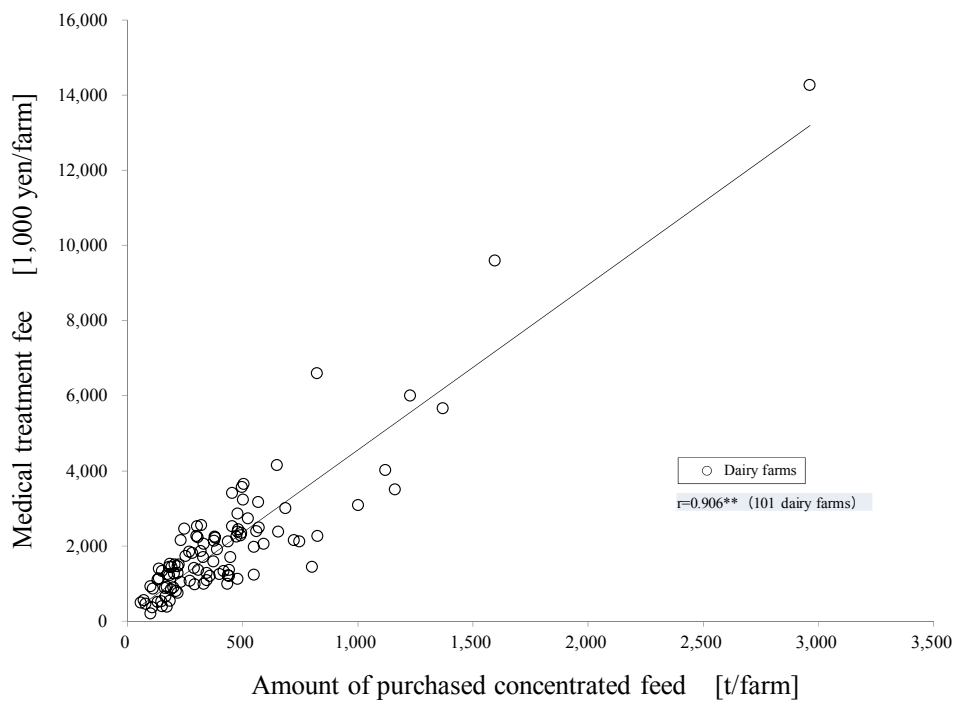
The relationship between number of adult dairy cattle and medical treatment fee per dairy cattle.





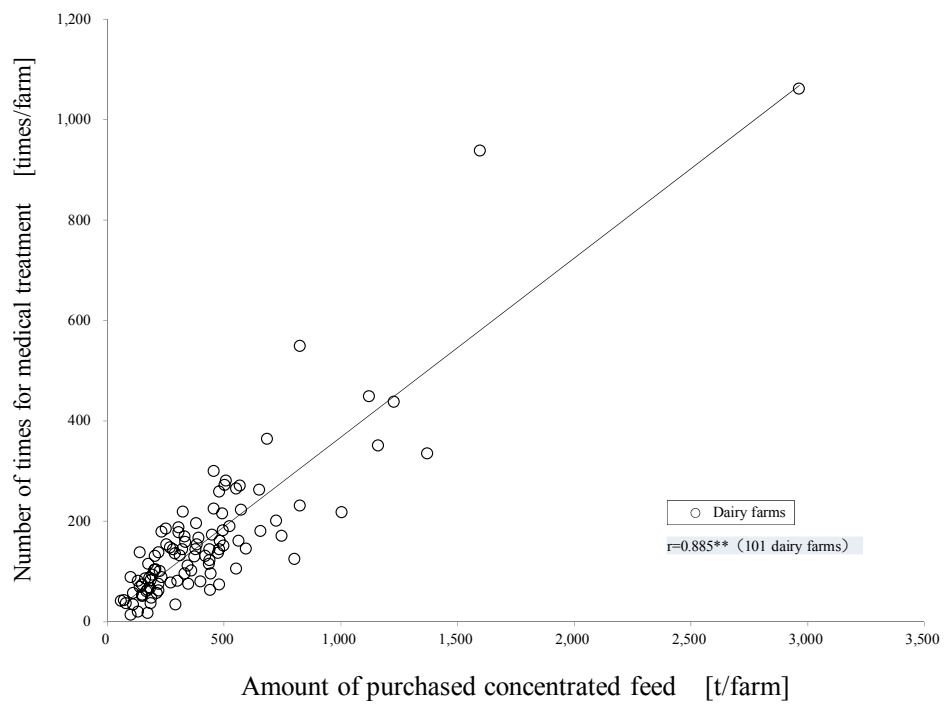
#### Appendix 3-4

The relationship between number of adult dairy cattle and number of times for medical treatment per dairy cattle.



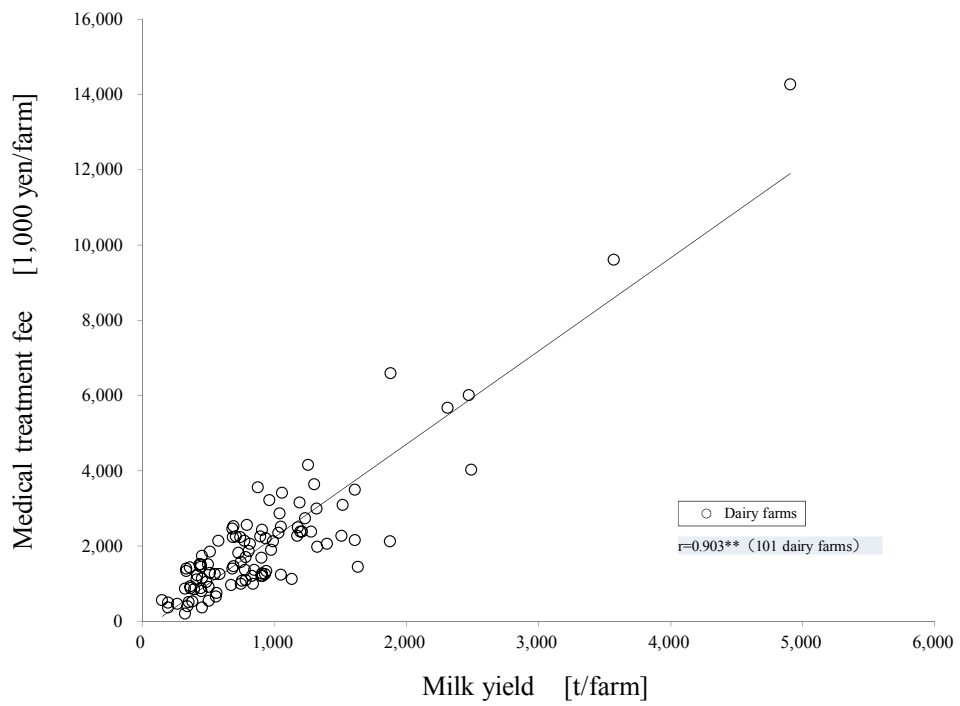
### Appendix 3-5

The relationship between amount of purchased concentrated feed and medical treatment fee.



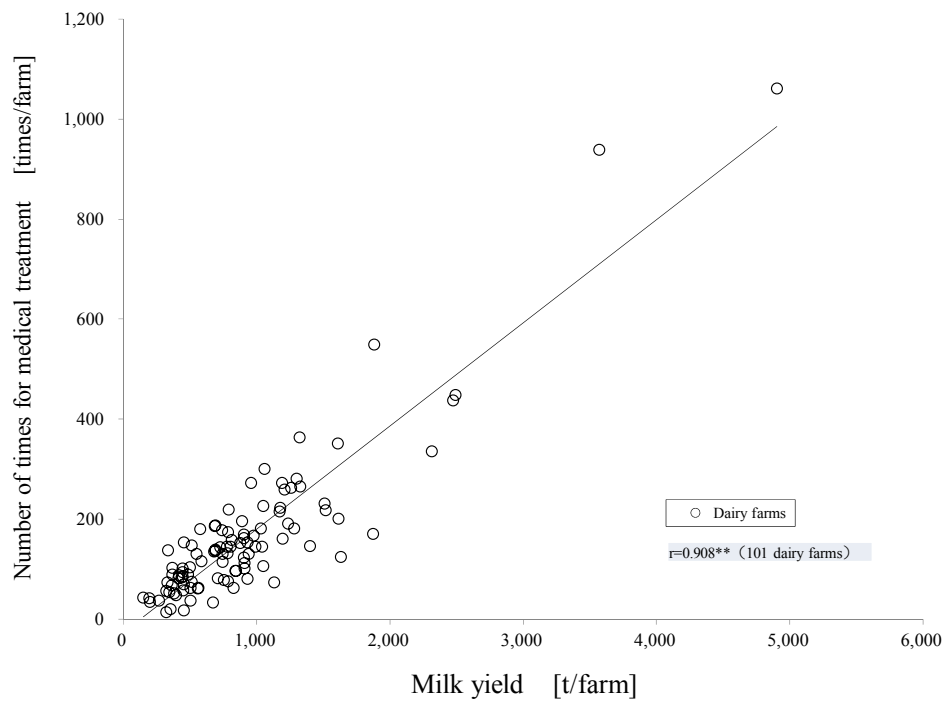
### Appendix 3-6

The relationship between amount of purchased concentrated feed and number of times for medical treatment.



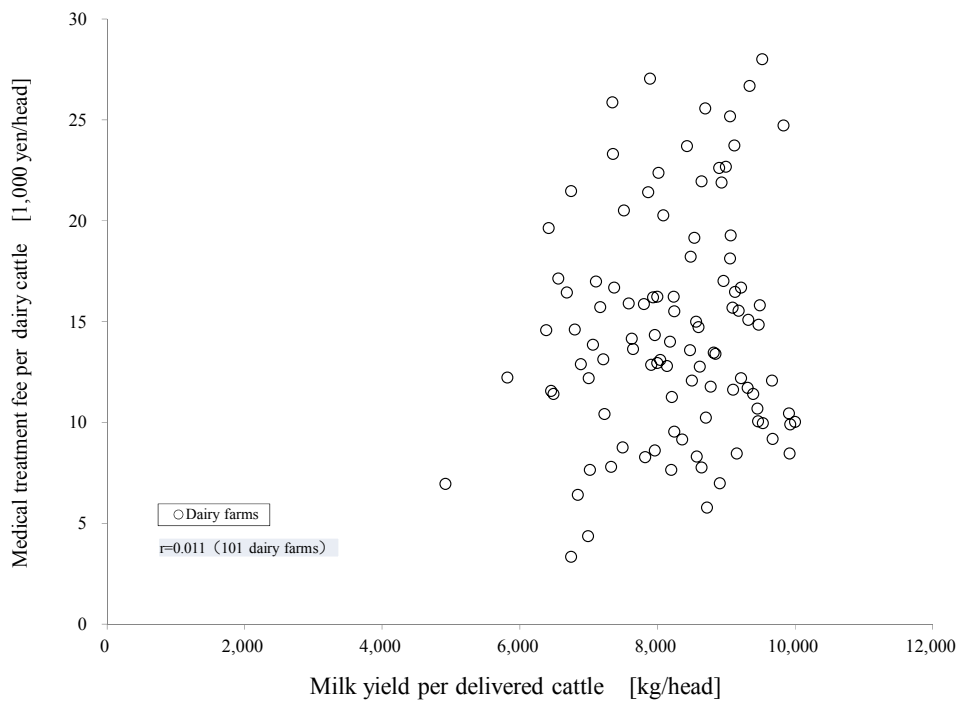
### Appendix 3-7

The relationship between milk yield per farm and medical treatment fee.



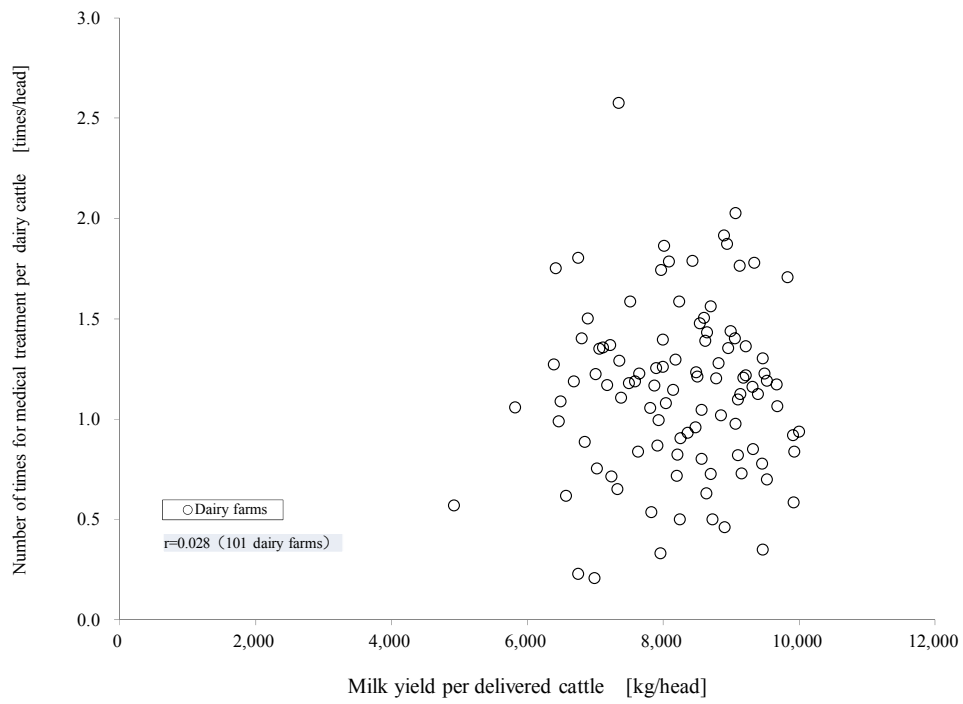
### Appendix 3-8

The relationship between milk yield per farm and number of times for medical treatment.



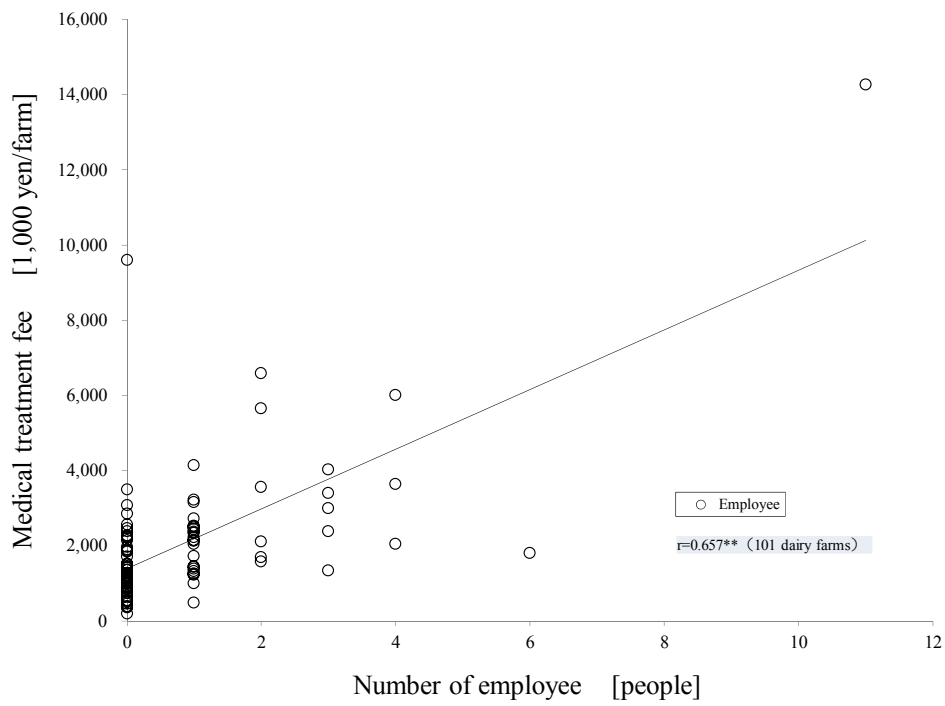
### Appendix 3-9

The relationship between milk yield per delivered cattle and medical treatment fee per dairy cattle.



### Appendix 3-10

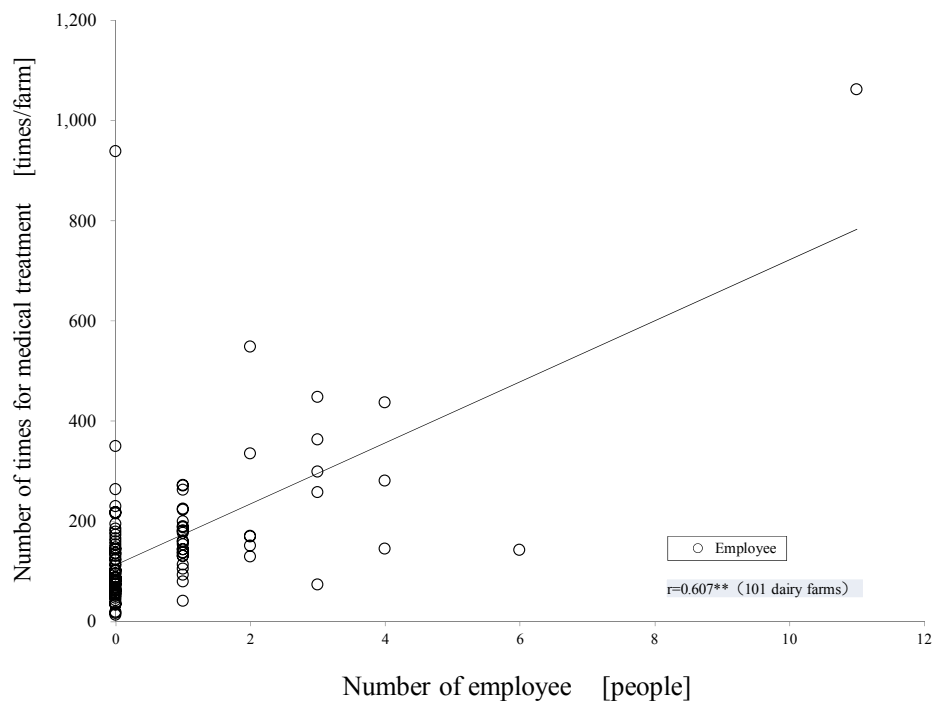
The relationship between milk yield per delivered cattle and number of times for medical treatment per dairy cattle.



Appendix 3-11

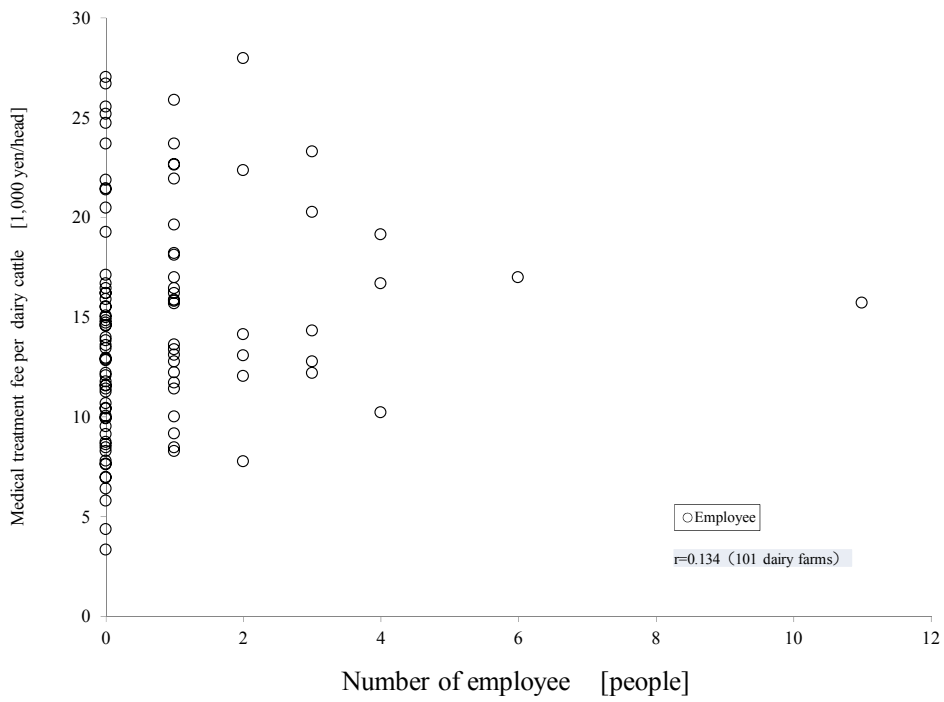
The relationship between number of employee and medical treatment fee.





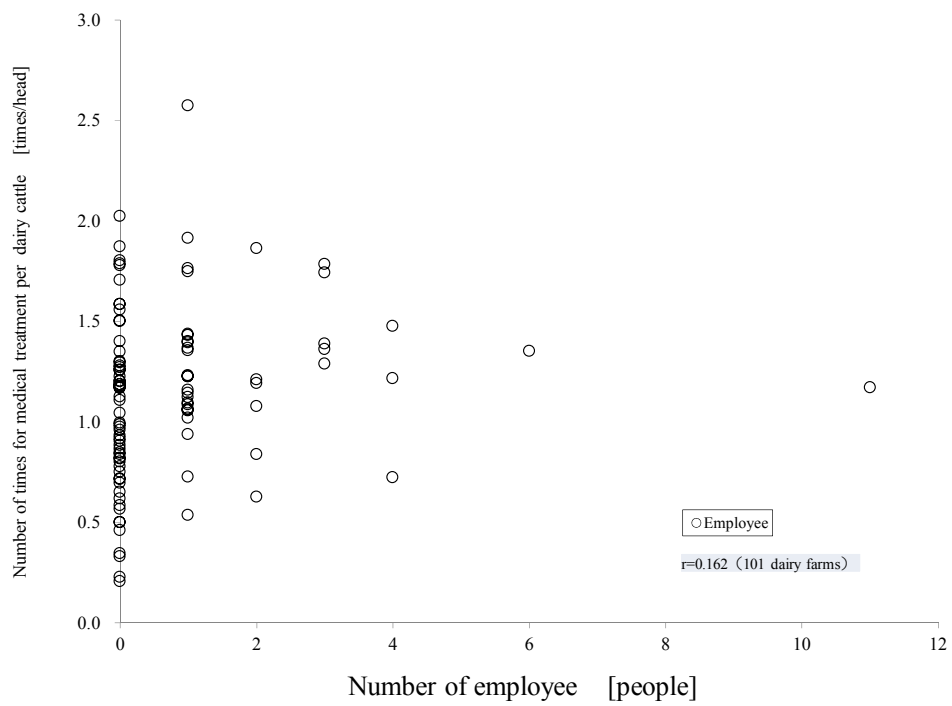
Appendix 3-12

The relationship between number of employee and number of times for medical treatment.



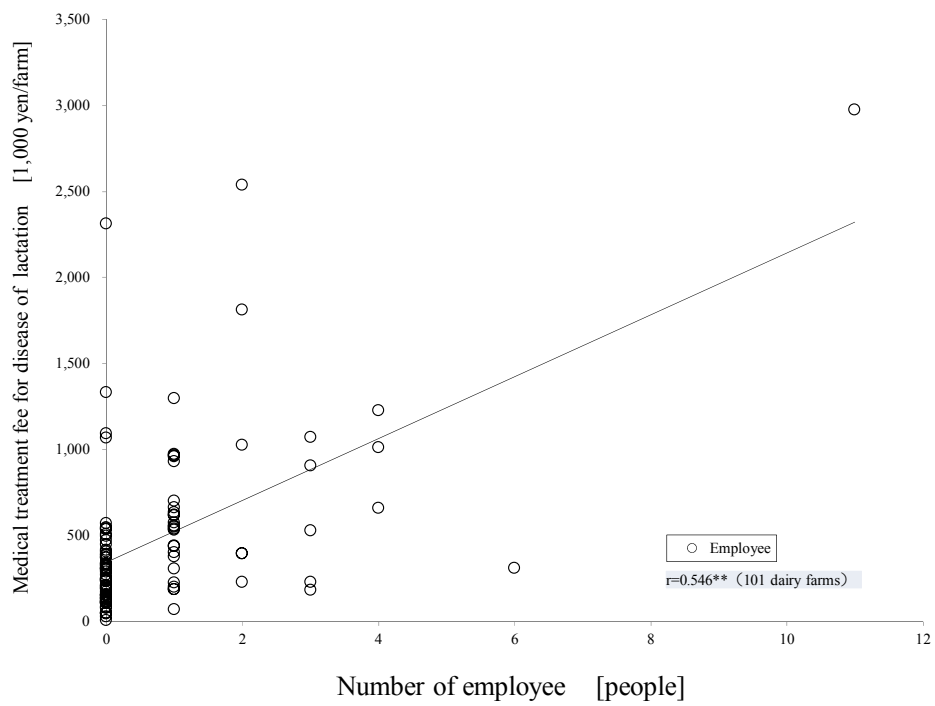
Appendix 3-13

The relationship between number of employee and medical treatment fee per dairy cattle.



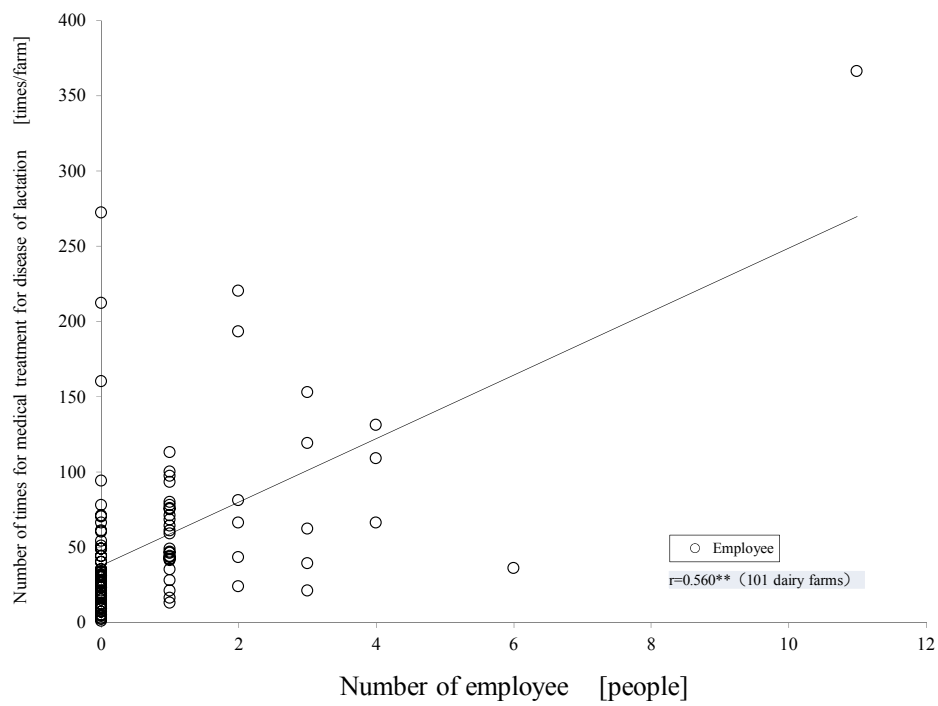
#### Appendix 3-14

The relationship between number of employee and number of times for medical treatment per dairy cattle.



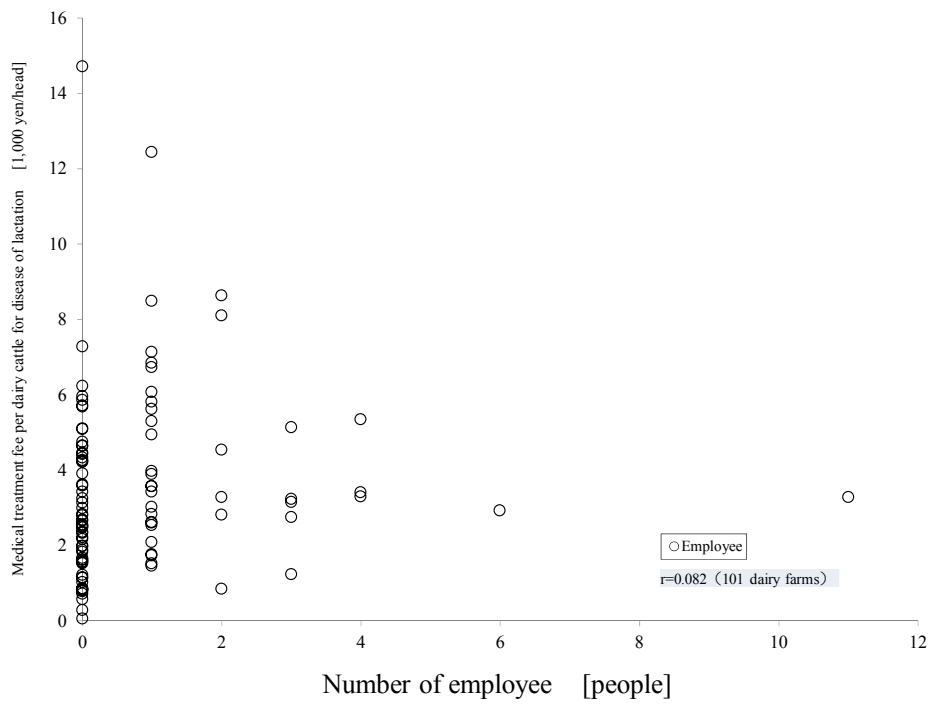
Appendix 3-15

The relationship between number of employee and medical treatment fee for disease of lactation.



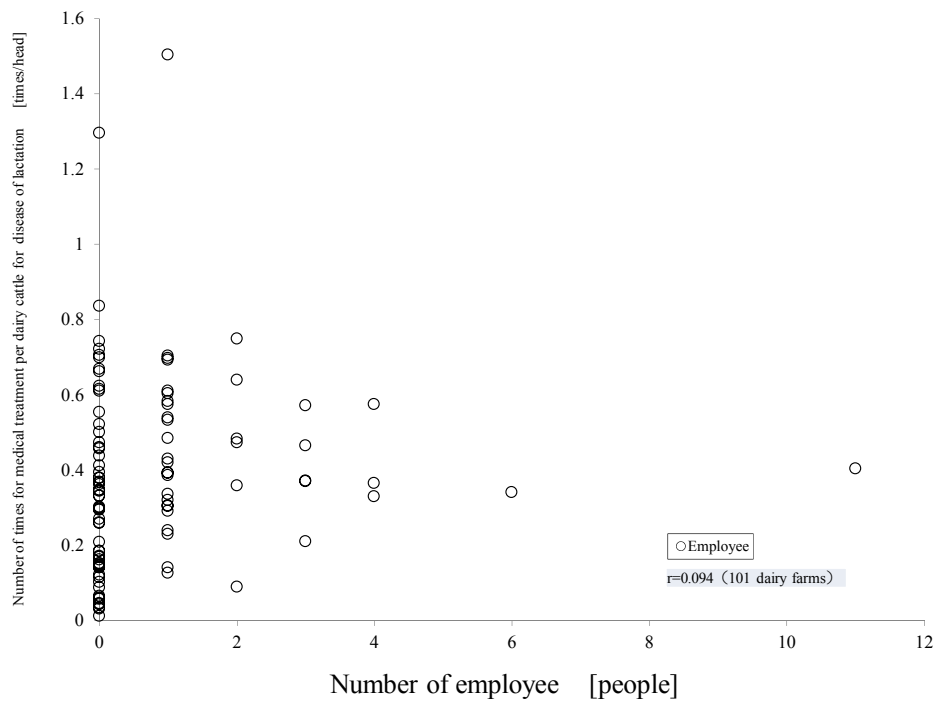
Appendix 3-16

The relationship between number of employee and number of times for medical treatment for disease of lactation.



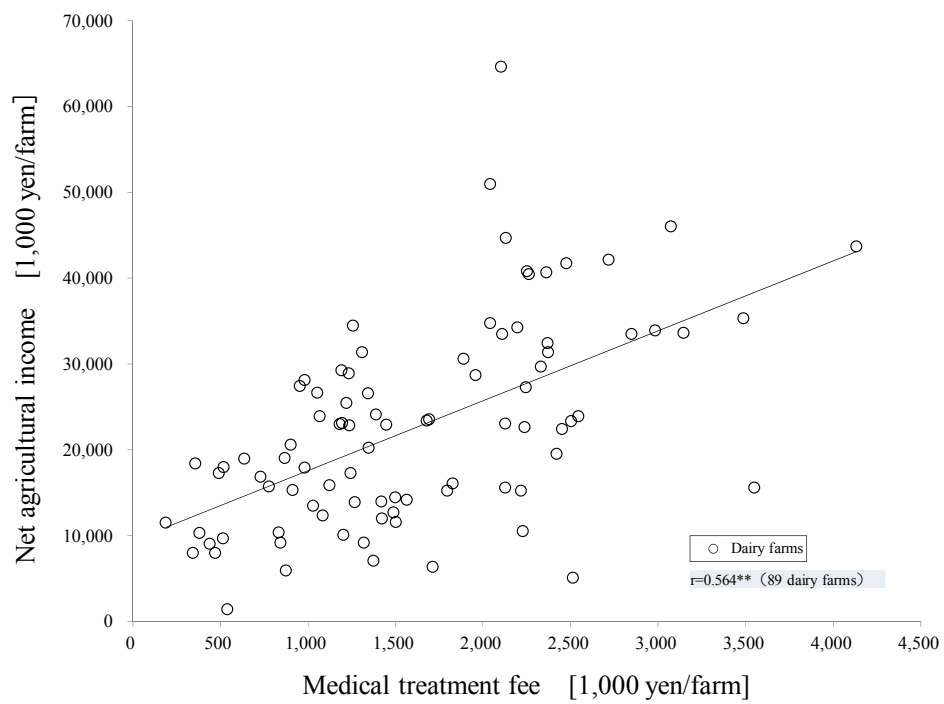
Appendix 3-17

The relationship between number of employee and medical treatment fee per dairy cattle for disease of lactation.



### Appendix 3-18

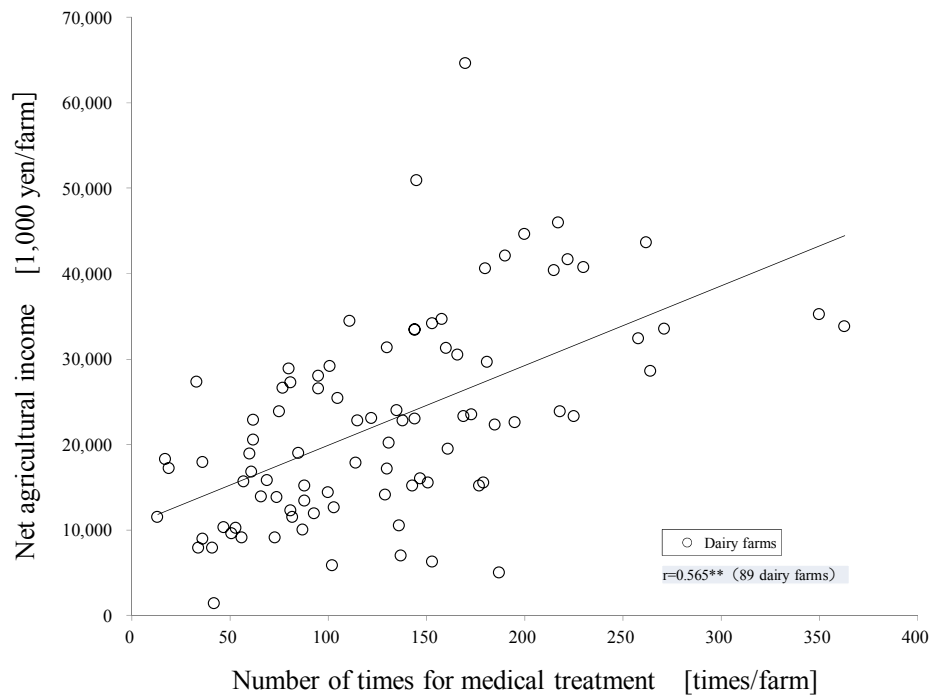
The relationship between number of employee and number of times for disease of lactation for medical treatment per dairy cattle.



Appendix 3-19

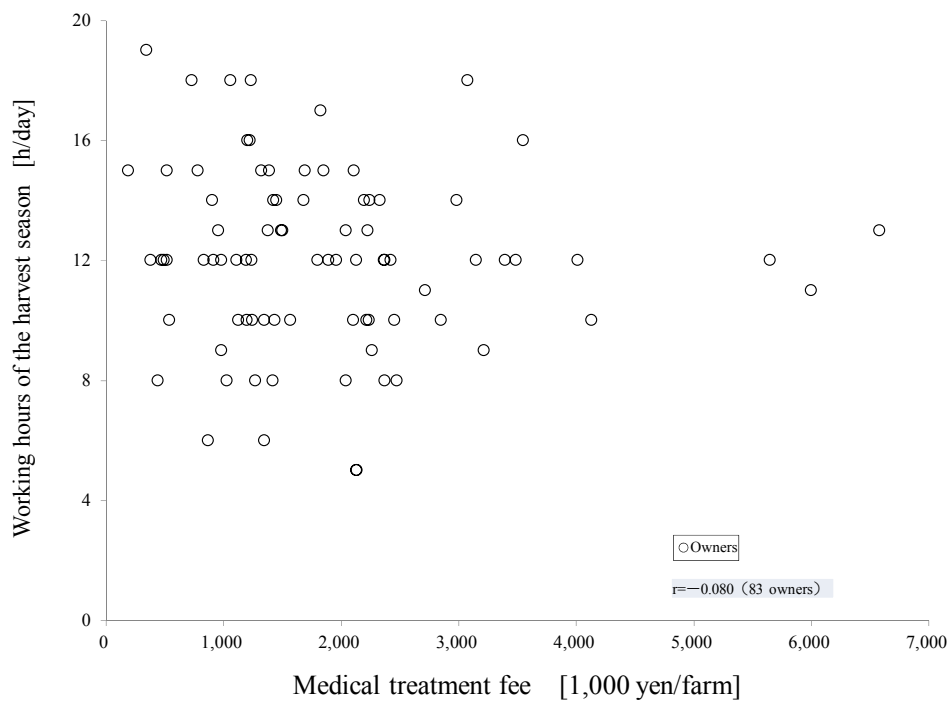
The relationship between medical treatment fee per farm and net agricultural income.





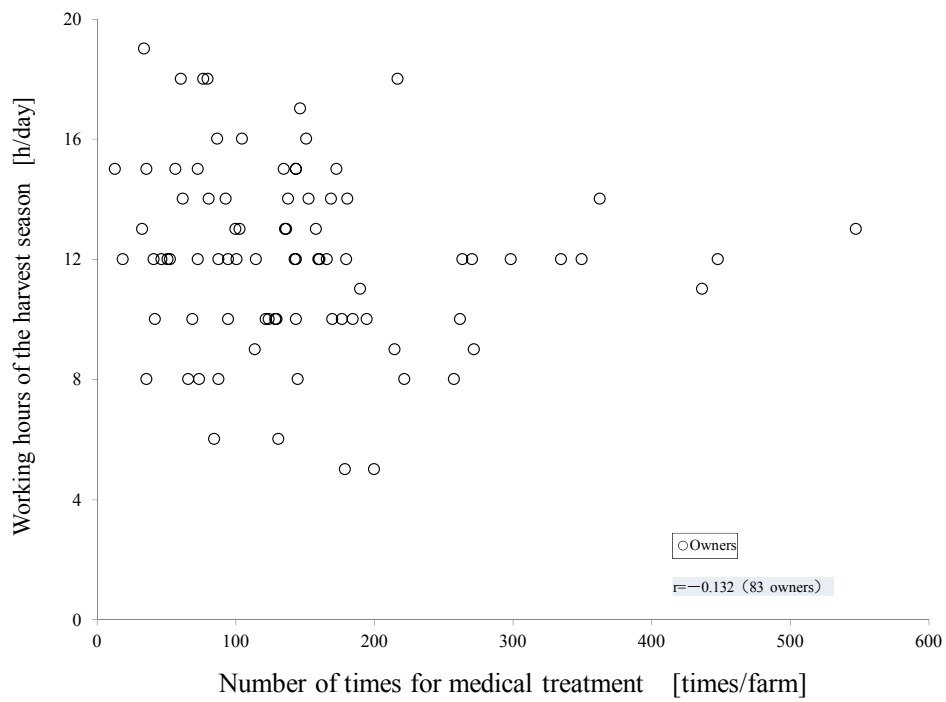
### Appendix 3-20

The relationship between number of times for medical treatment per farm and net agricultural income.



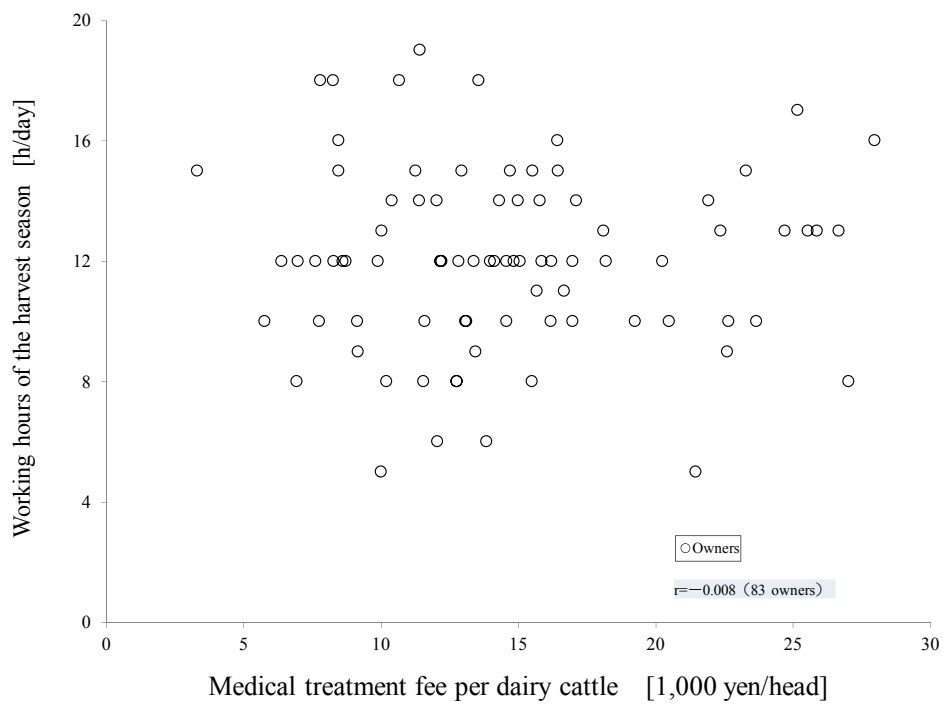
Appendix 3-21

The relationship between medical treatment fee and working hours for owners of the harvest season.



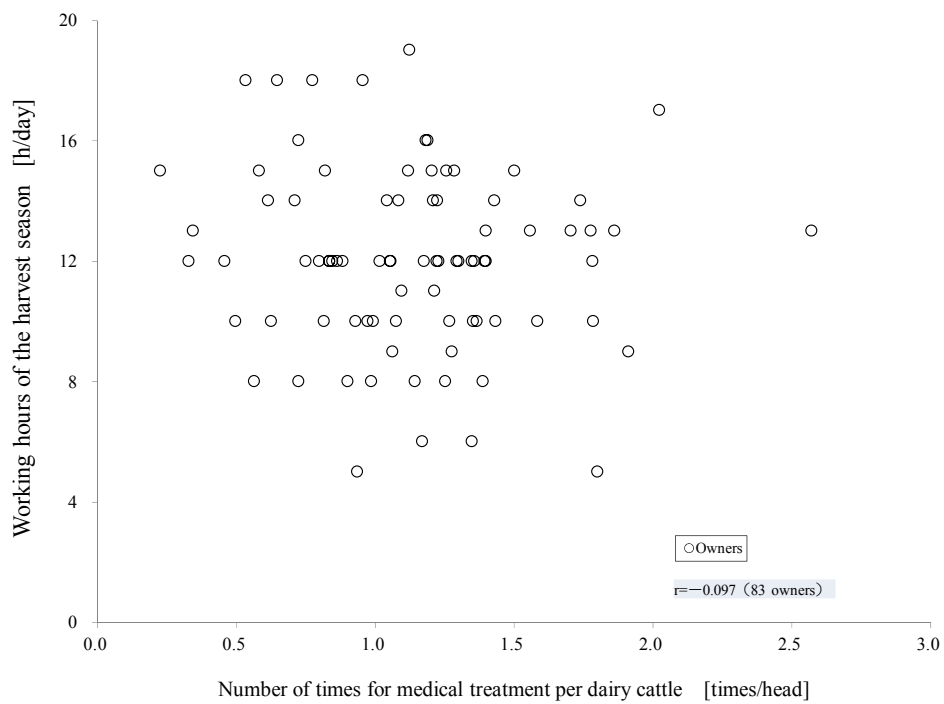
### Appendix 3-22

The relationship between number of times medical treatment and working hours for owners of the harvest season.



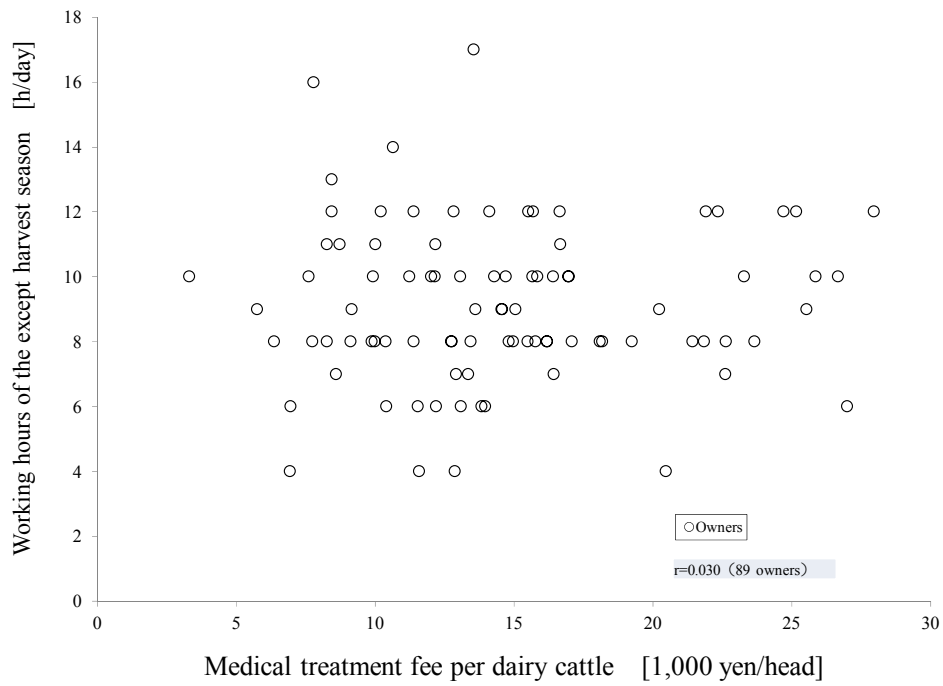
### Appendix 3-23

The relationship between medical treatment fee per dairy cattle and working hours for owners of the harvest season.



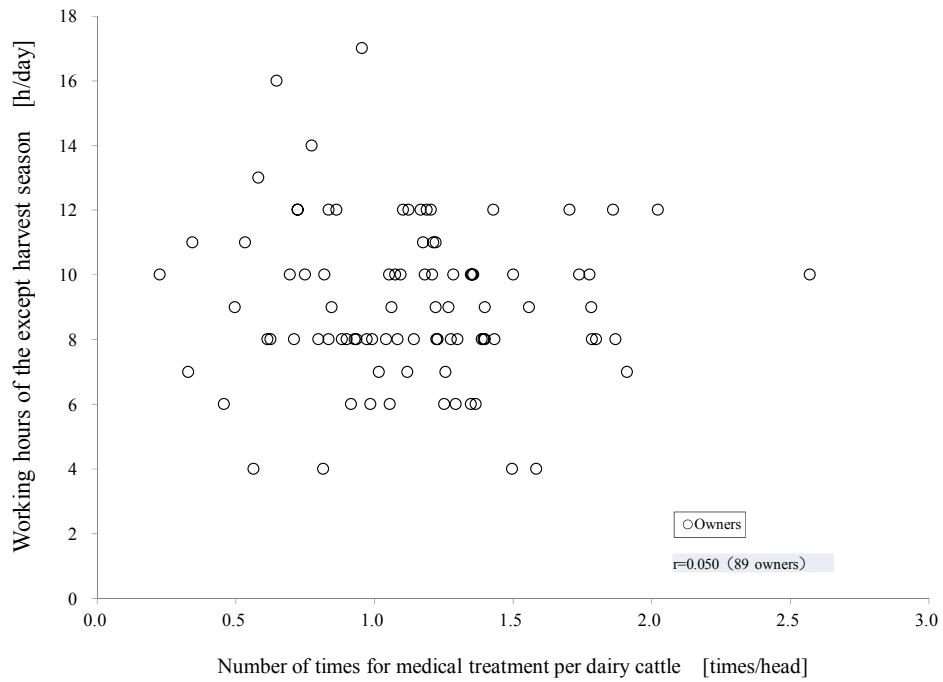
#### Appendix 3-24

The relationship between number of times medical treatment per dairy cattle and working hours for owners of the harvest season.



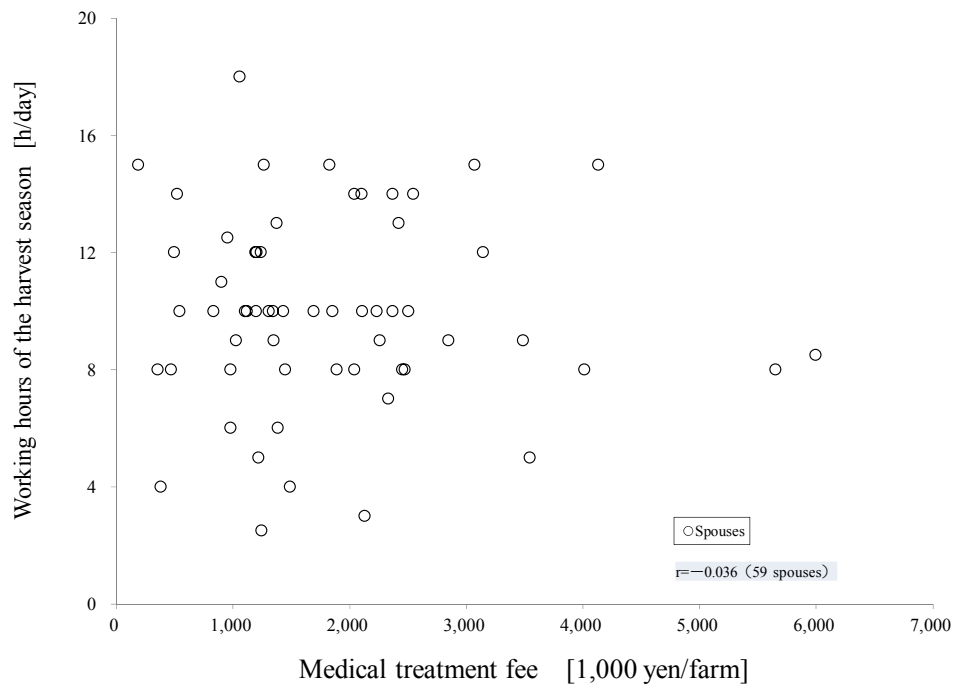
Appendix 3-25

The relationship between medical treatment fee per dairy cattle and working hours for owners of the except harvest season.



### Appendix 3-26

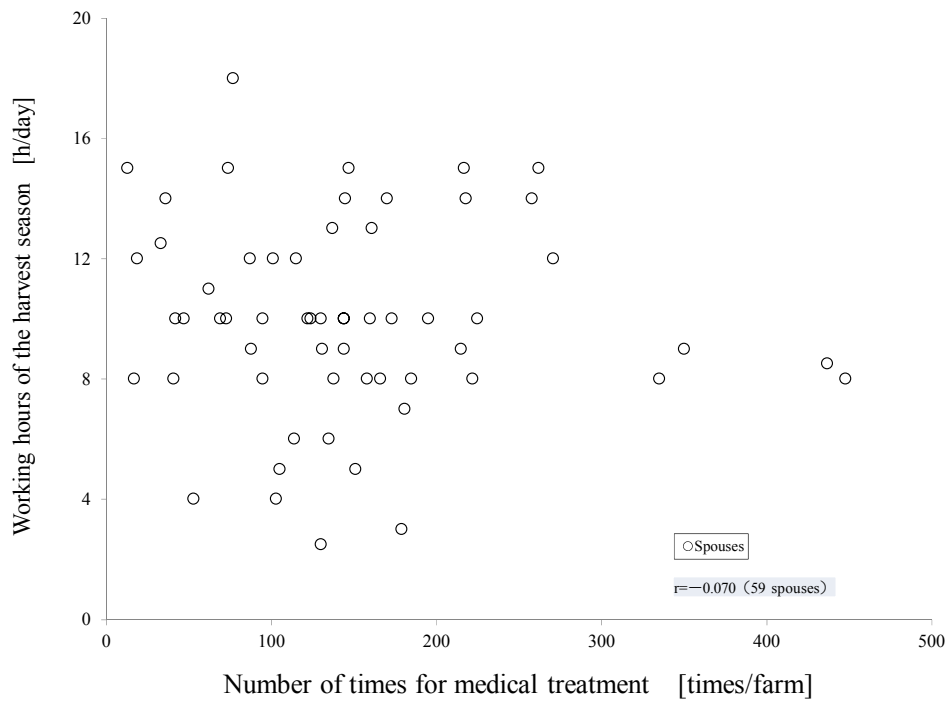
The relationship between number of times medical treatment per dairy cattle and working hours for owners of the except harvest season.



Appendix 3-27

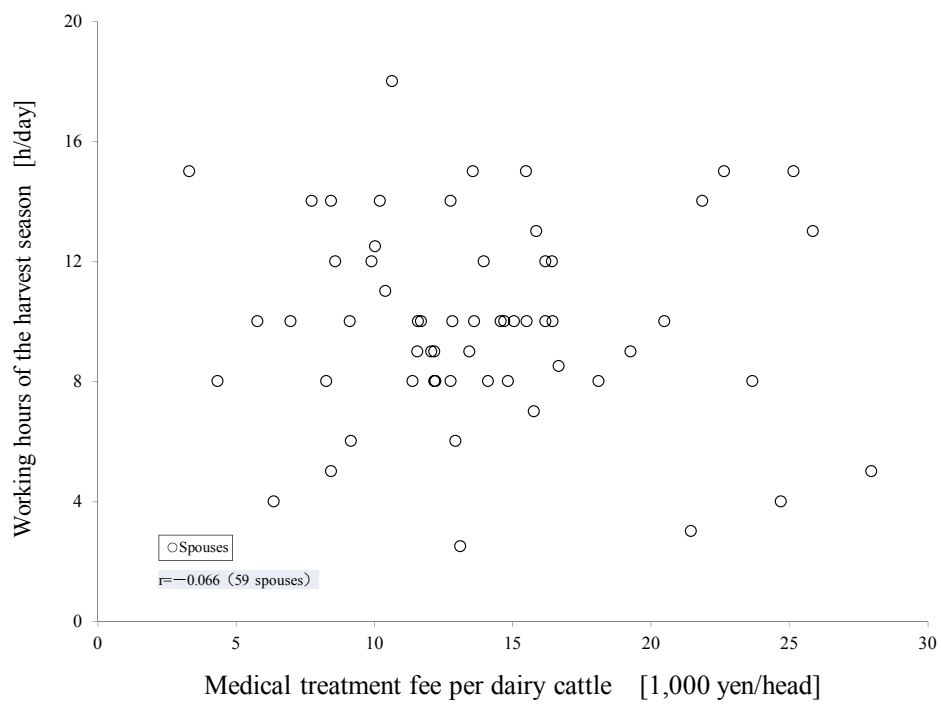
The relationship between medical treatment fee and working hours for spouses of the harvest season.





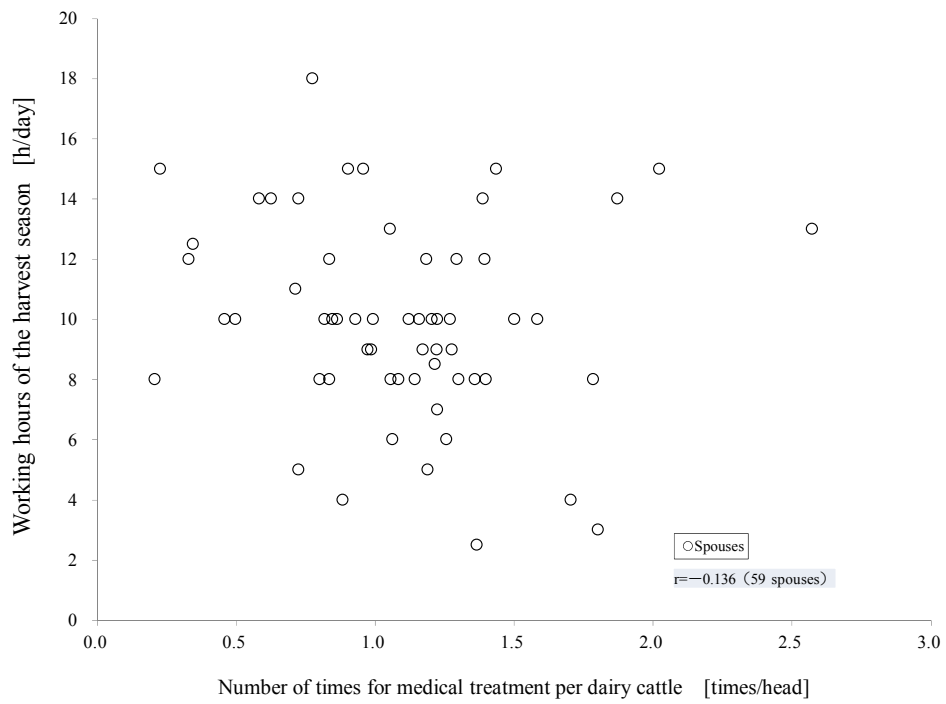
### Appendix 3-28

The relationship between number of times medical treatment and working hours for spouses of the harvest season.



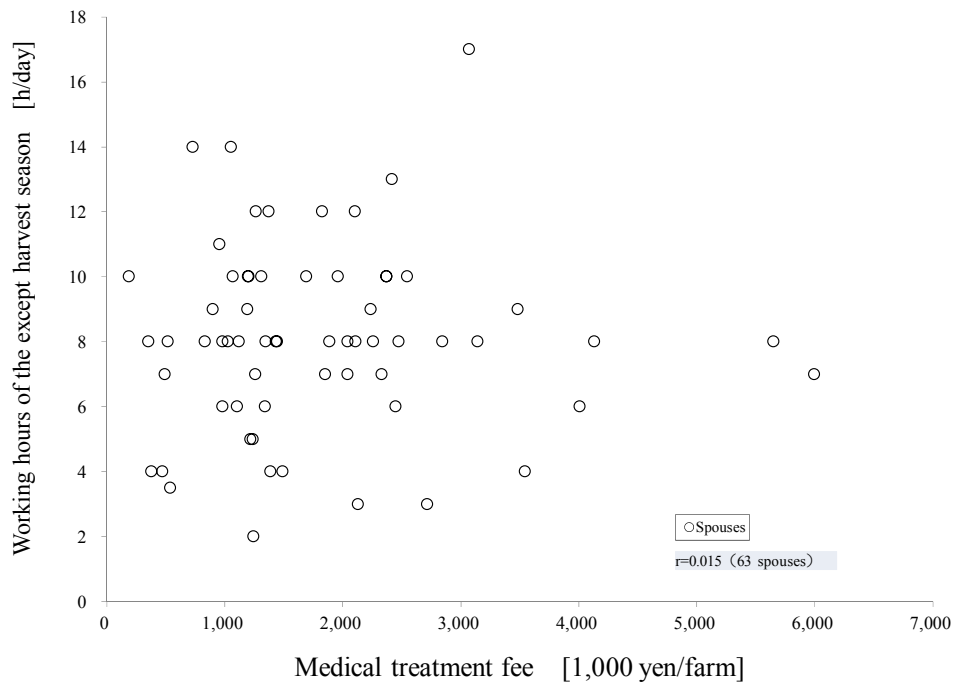
Appendix 3-29

The relationship between medical treatment fee per dairy cattle and working hours for spouses of the harvest season.



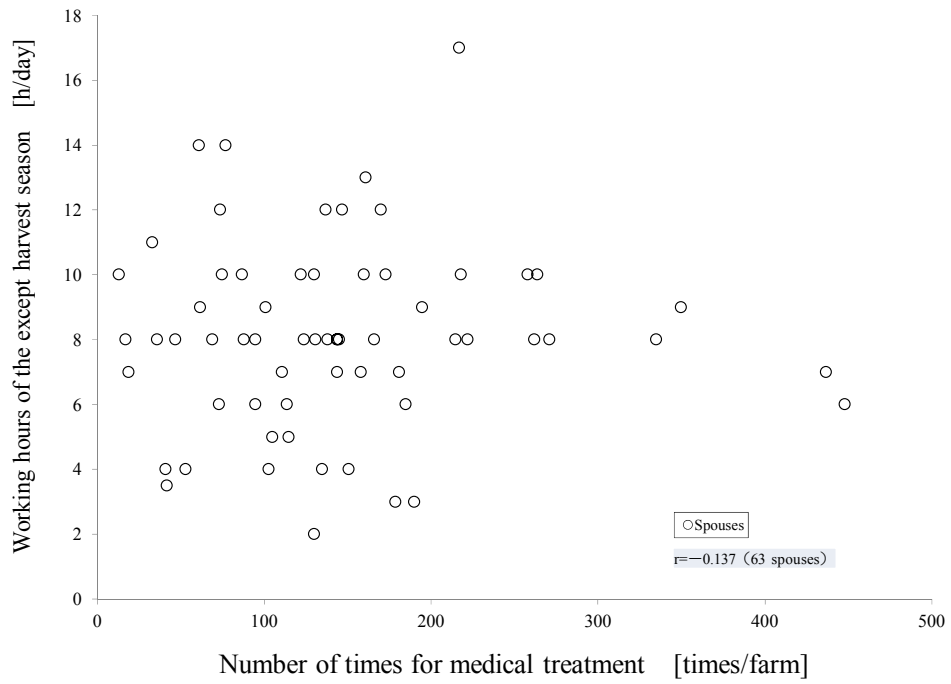
### Appendix 3-30

The relationship between number of times medical treatment per dairy cattle and working hours for spouses of the harvest season.



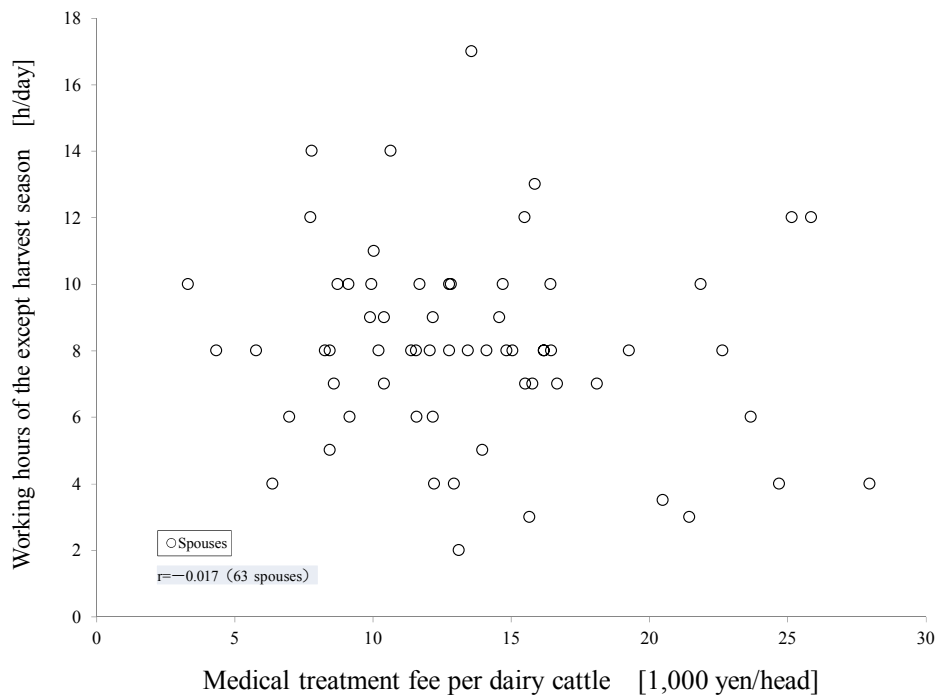
Appendix 3-31

The relationship between medical treatment fee and working hours for spouses of the except harvest season.



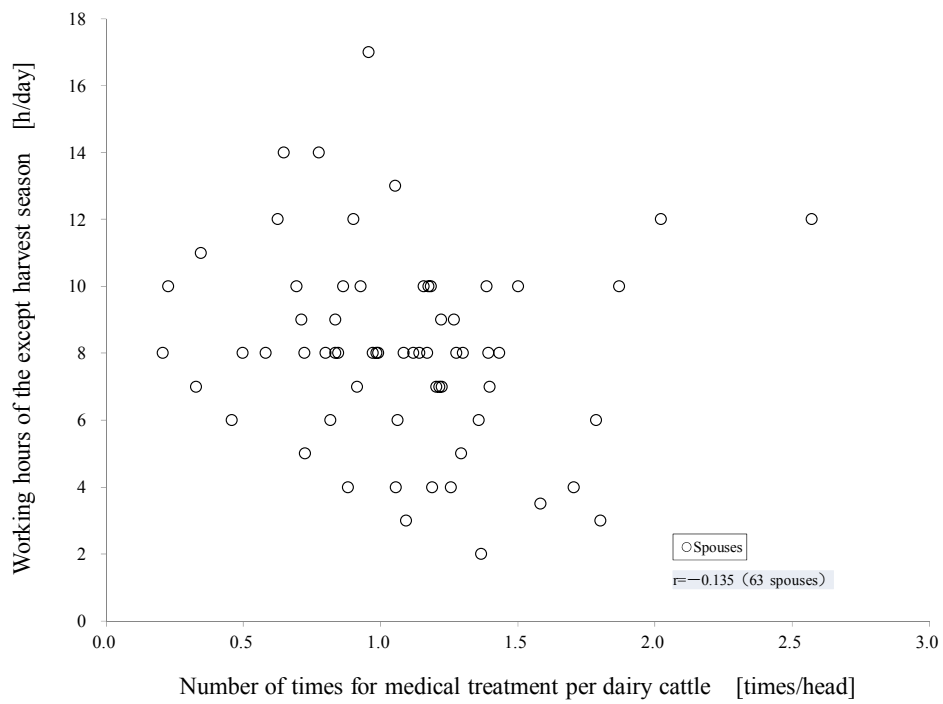
Appendix 3-32

The relationship between number of times medical treatment and working hours for spouses of the except harvest season.



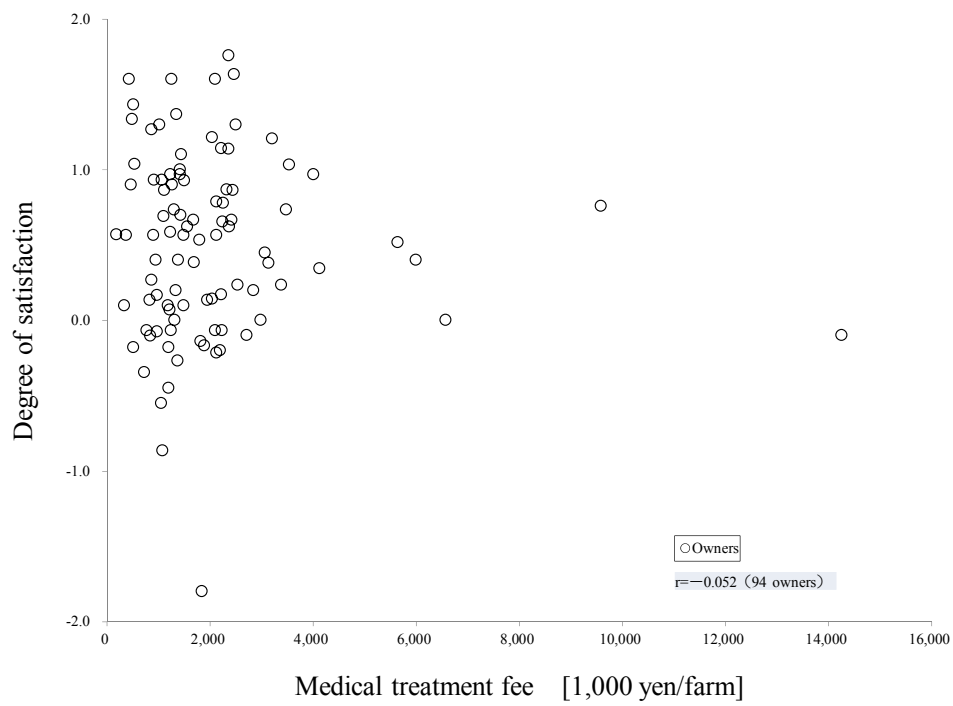
### Appendix 3-33

The relationship between medical treatment fee per dairy cattle and working hours for spouses of the except harvest season.



### Appendix 3-34

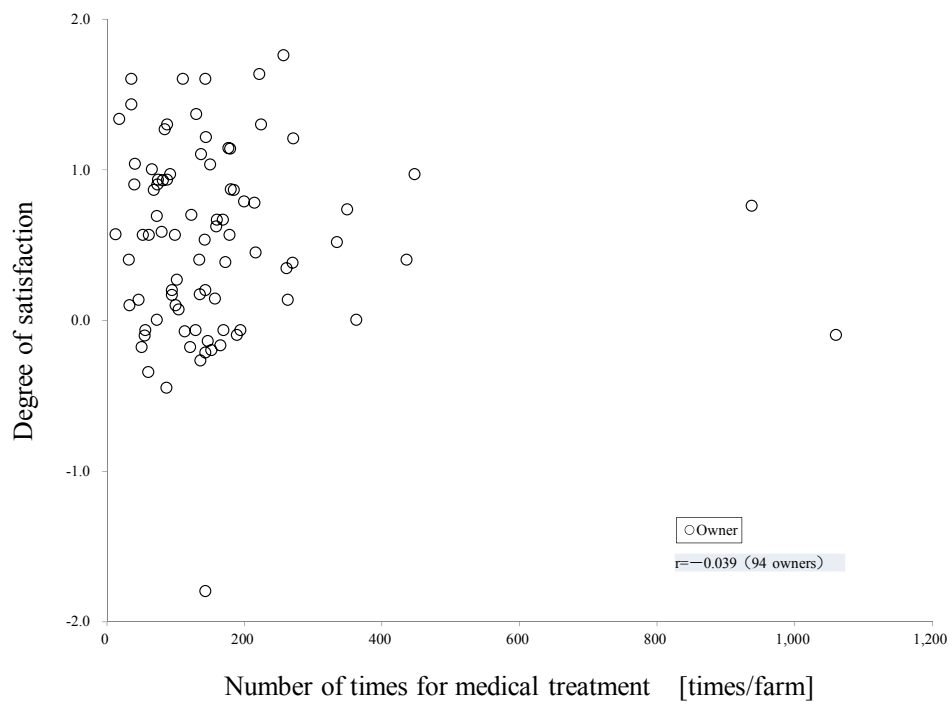
The relationship between number of times medical treatment per dairy cattle and working hours for spouses of the except harvest season.



Appendix 3-35

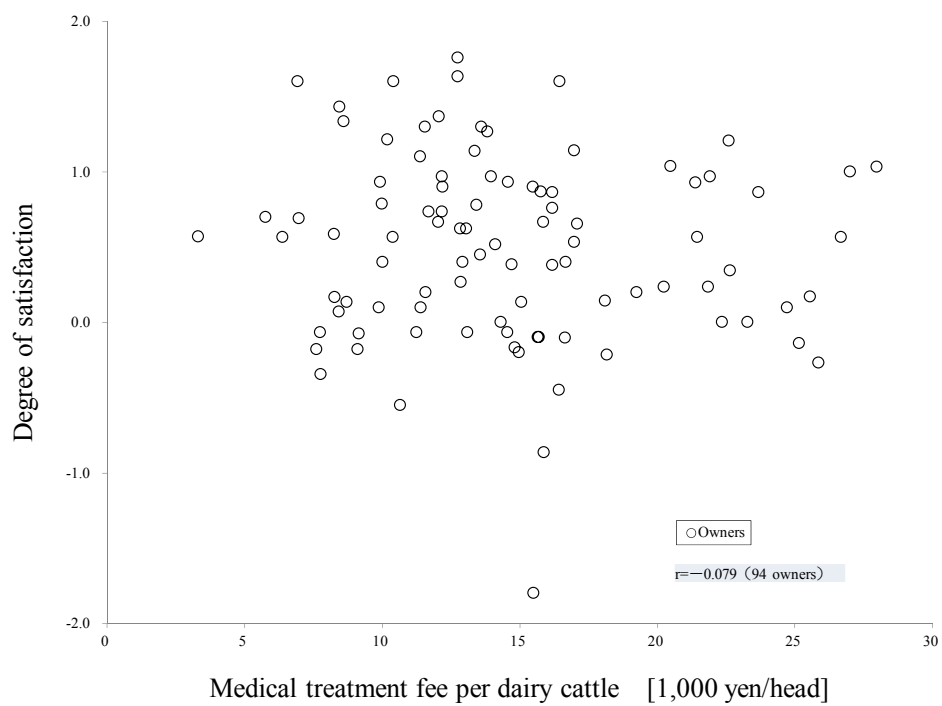
The relationship between medical treatment fee and the degree of satisfaction for owners.





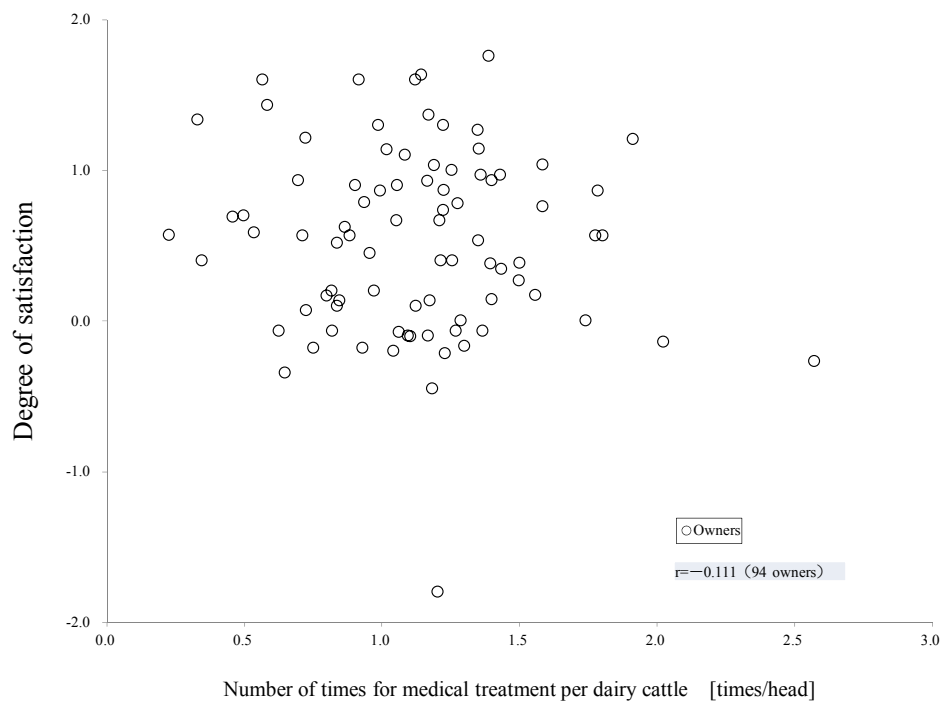
### Appendix 3-36

The relationship between number of times for medical treatment and the degree of satisfaction for owners.



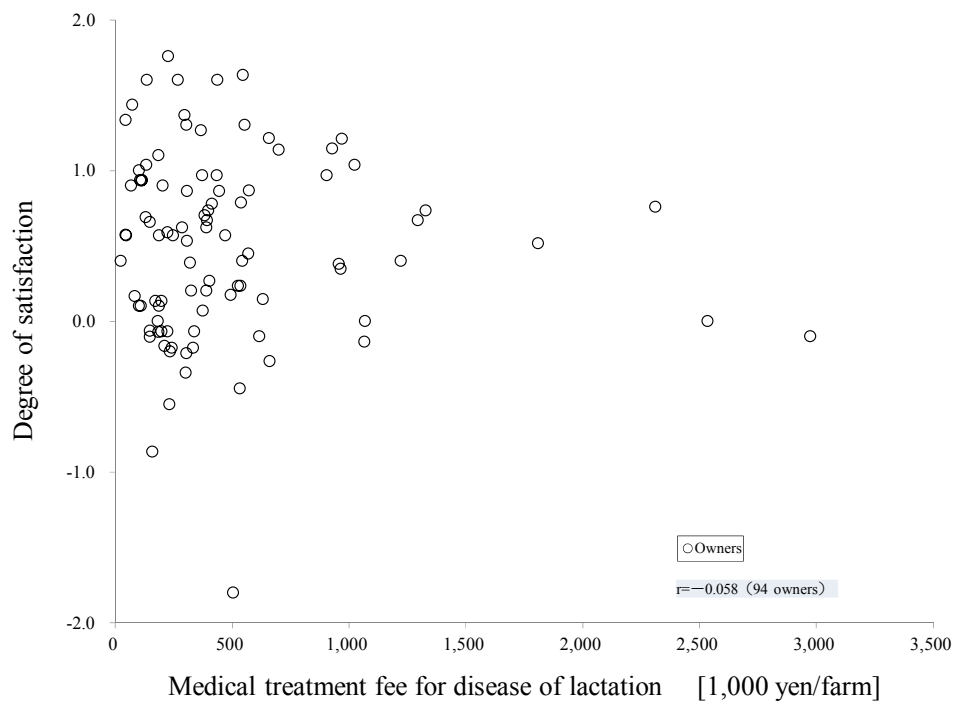
#### Appendix 3-37

The relationship between medical treatment fee per dairy cattle and the degree of satisfaction for owners.



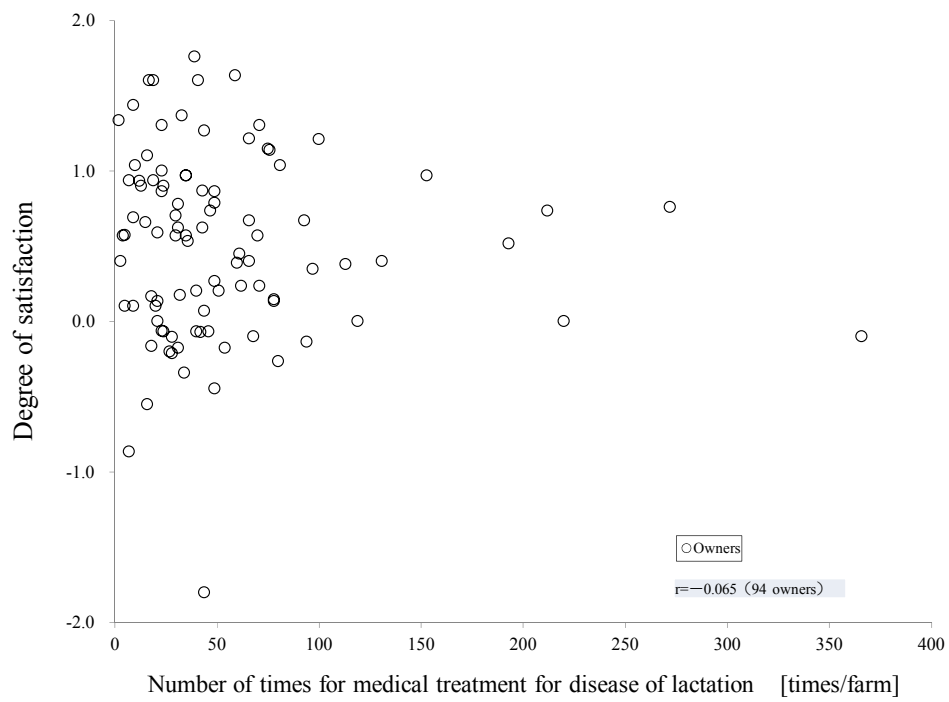
### Appendix 3-38

The relationship between number of times for medical treatment per dairy cattle and the degree of satisfaction for owners.



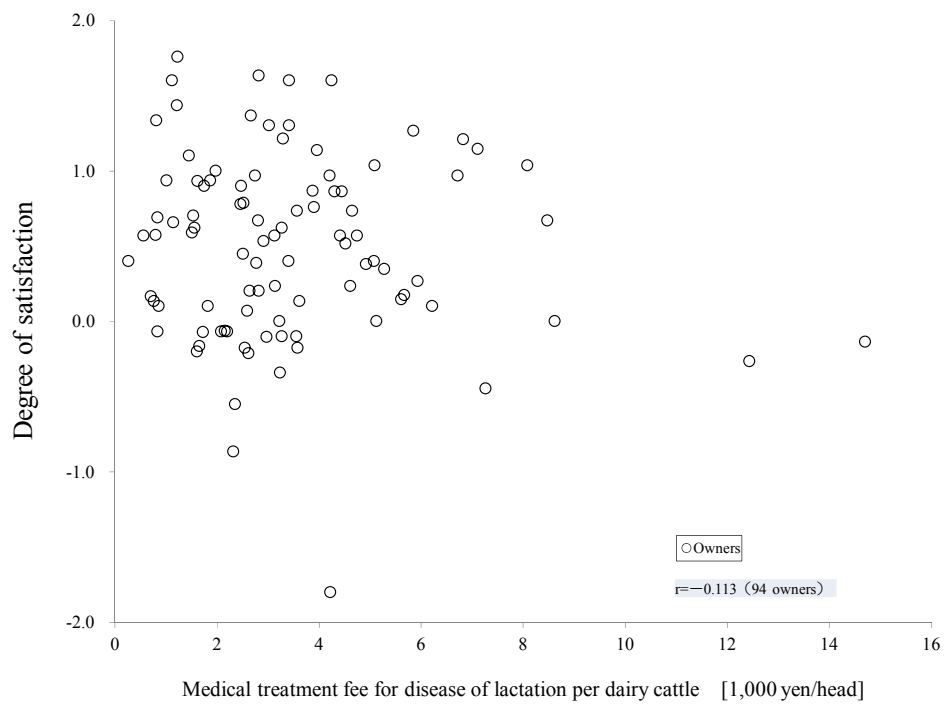
Appendix 3-39

The relationship between medical treatment fee for disease of lactation and the degree of satisfaction for owners.



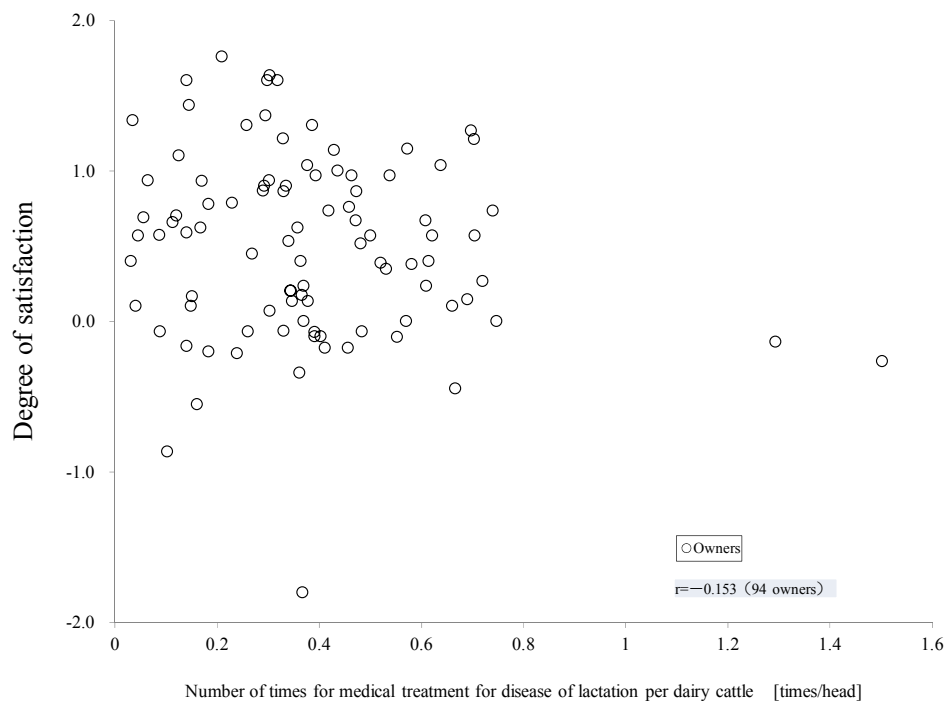
#### Appendix 3-40

The relationship between number of times for medical treatment for disease of lactation and the degree of satisfaction for owners.



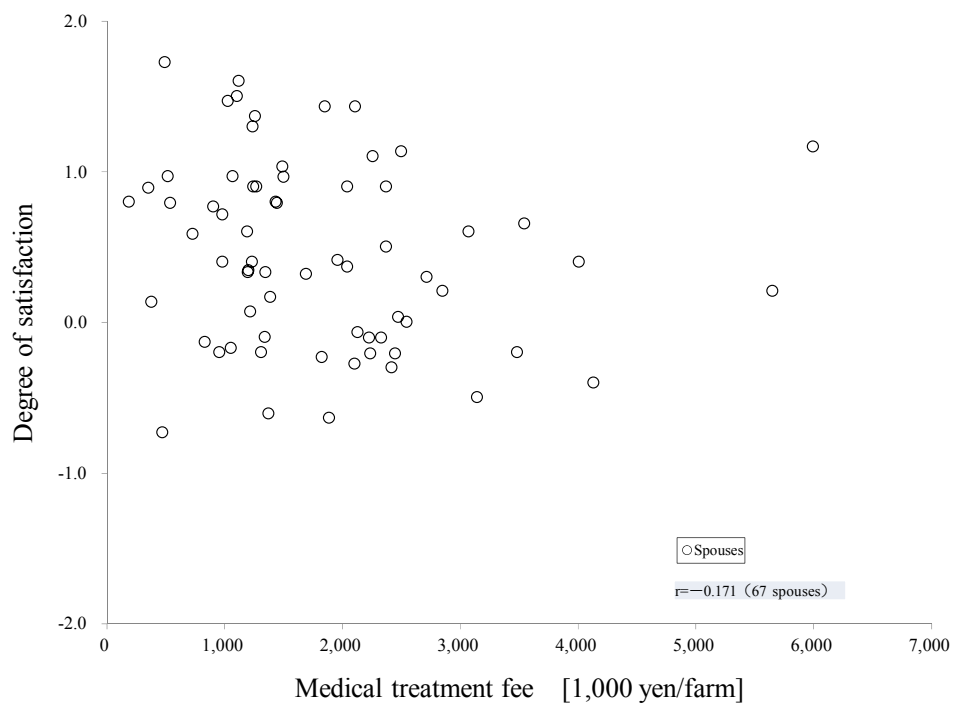
#### Appendix 3-41

The relationship between medical treatment fee for disease of lactation per dairy cattle and the degree of satisfaction for owners.



#### Appendix 3-42

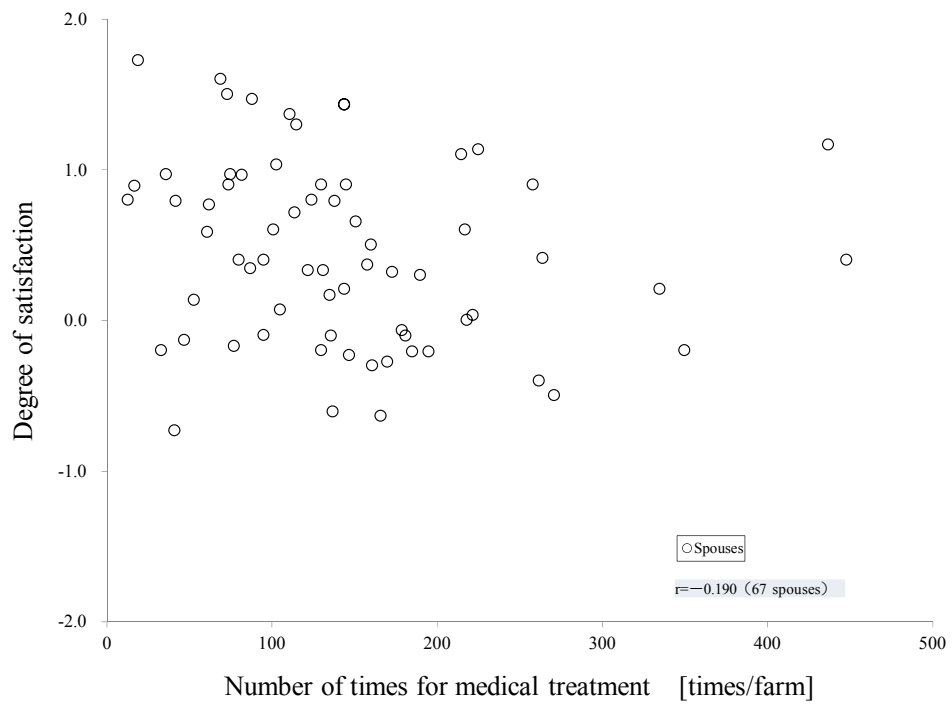
The relationship between number of times for medical treatment for disease of lactation per dairy cattle and the degree of satisfaction for owners.



Appendix 3-43

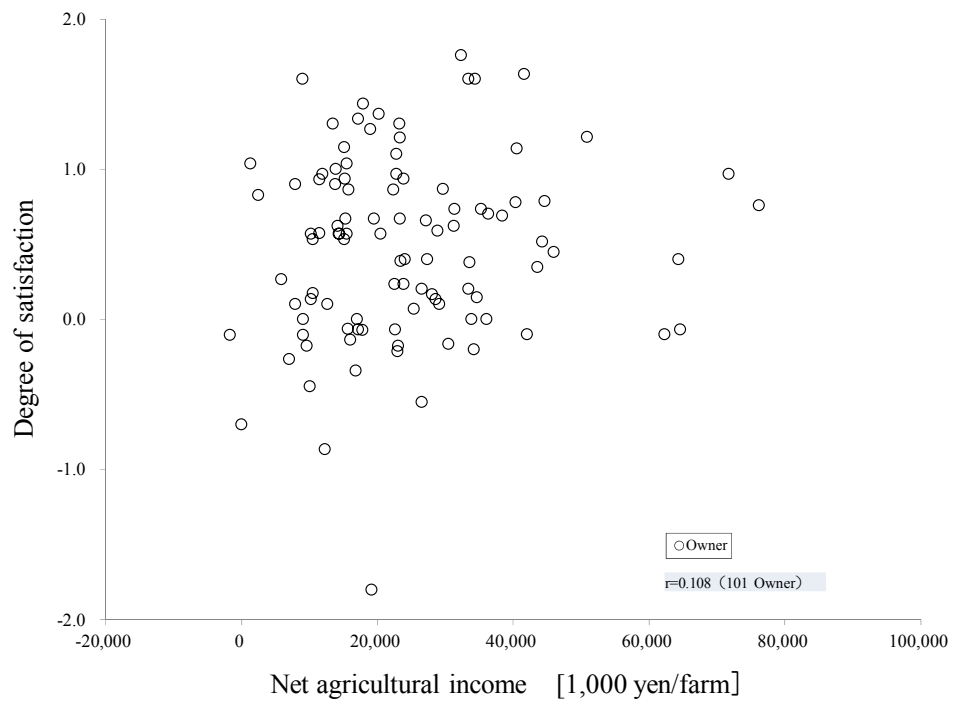
The relationship between medical treatment fee and the degree of satisfaction for spouses.





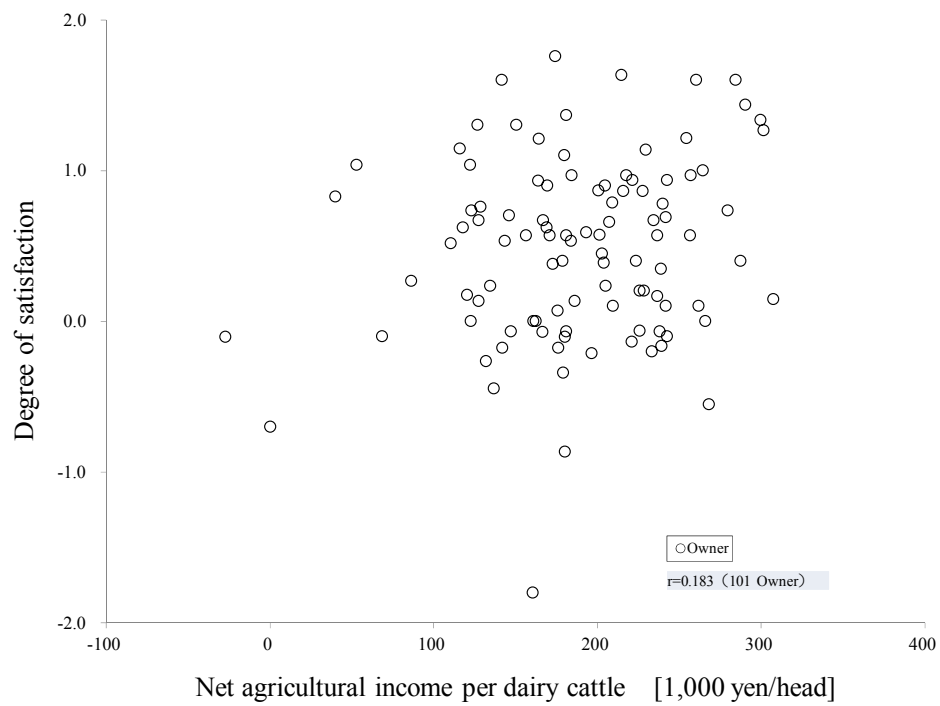
#### Appendix 3-44

The relationship between number of times for medical treatment and the degree of satisfaction for spouses.



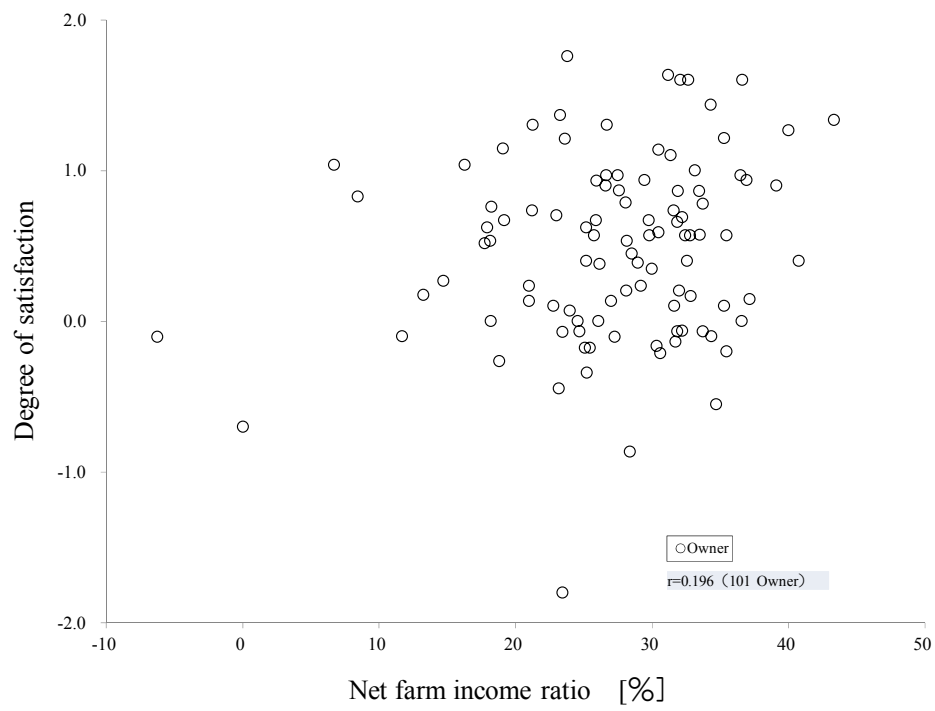
#### Appendix 4-1

The relationship between net agricultural income and degree of satisfaction for owners.



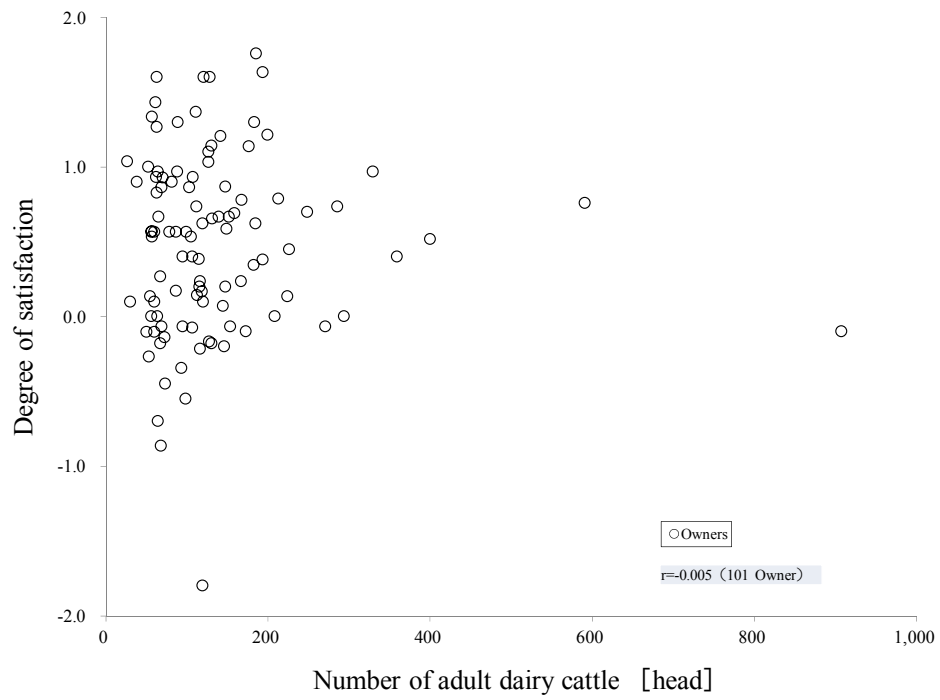
#### Appendix 4-2

The relationship between net agricultural income per dairy cattle and degree of satisfaction for owners.



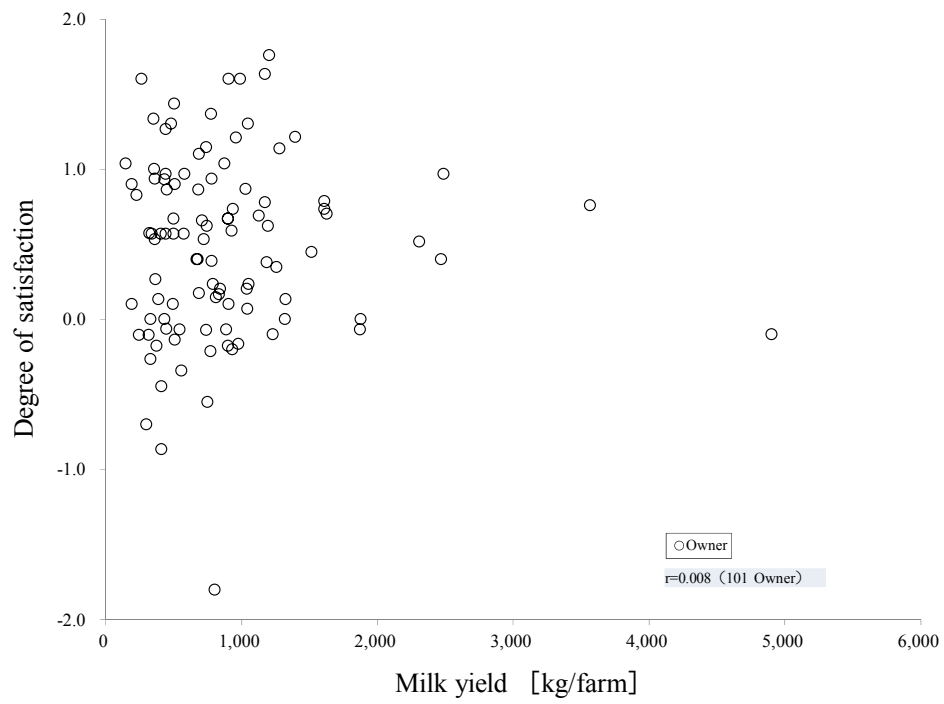
#### Appendix 4-3

The relationship between net ratio of net farm income ratio and degree of satisfaction for owners.



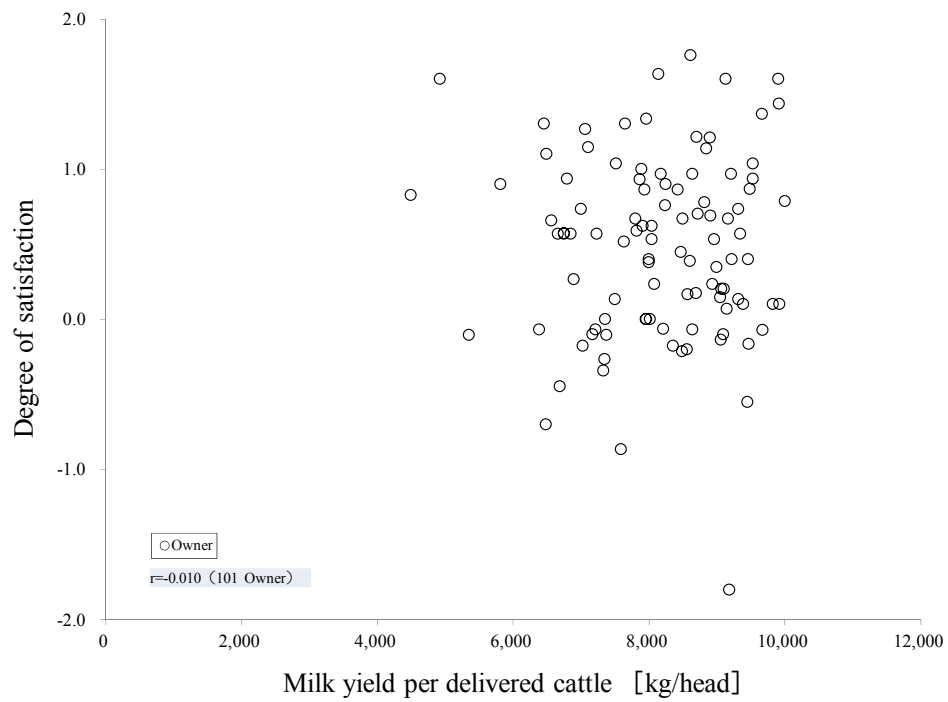
#### Appendix 4-4

The relationship between number of adult dairy cattle and degree of satisfaction for owners.



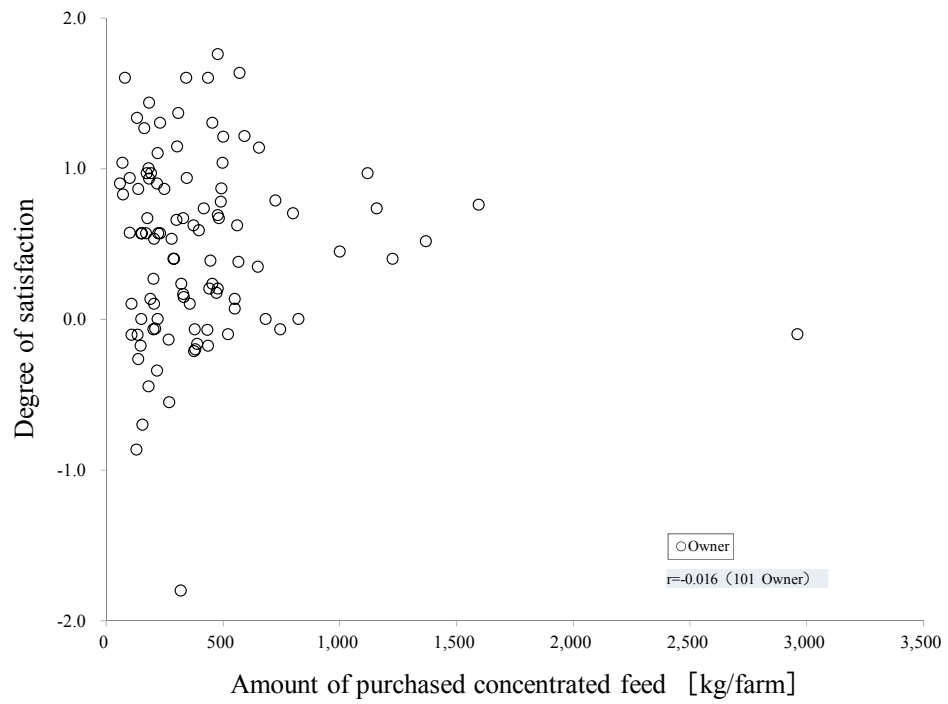
#### Appendix 4-5

The relationship between milk yield and degree of satisfaction for owners.



#### Appendix 4-6

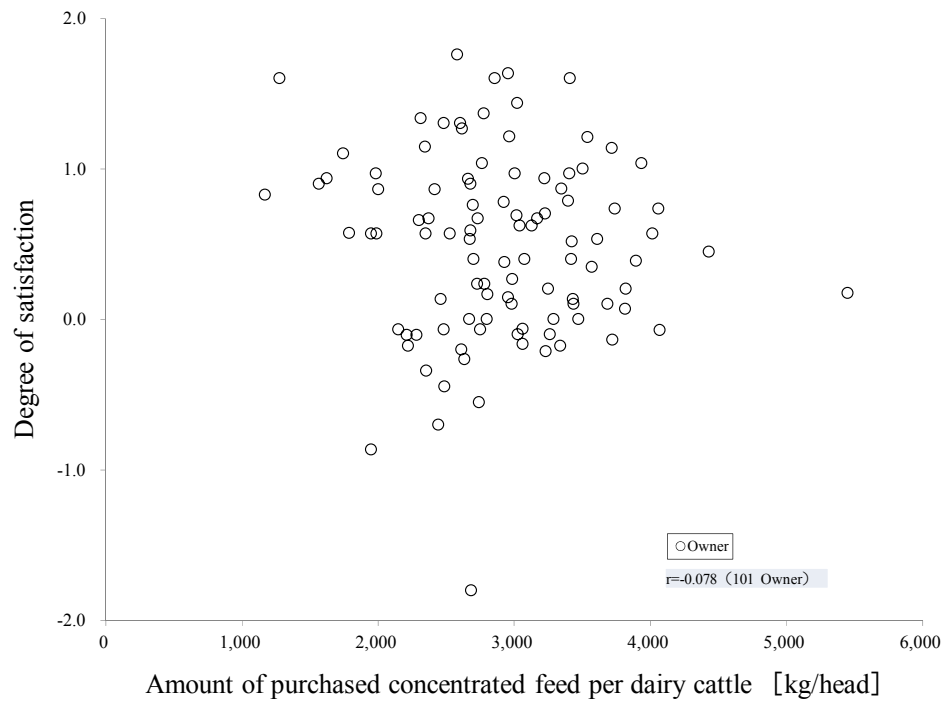
The relationship between milk yield per delivered cattle and degree of satisfaction for owners.



#### Appendix 4-7

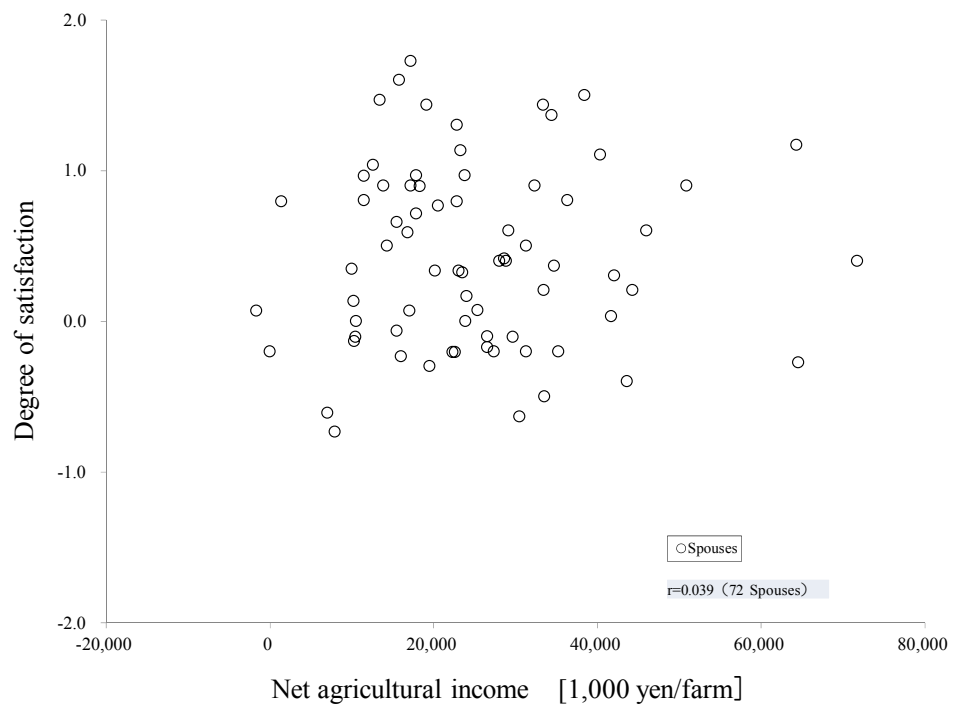
The relationship between amount of purchased concentrated feed and degree of satisfaction for owners.





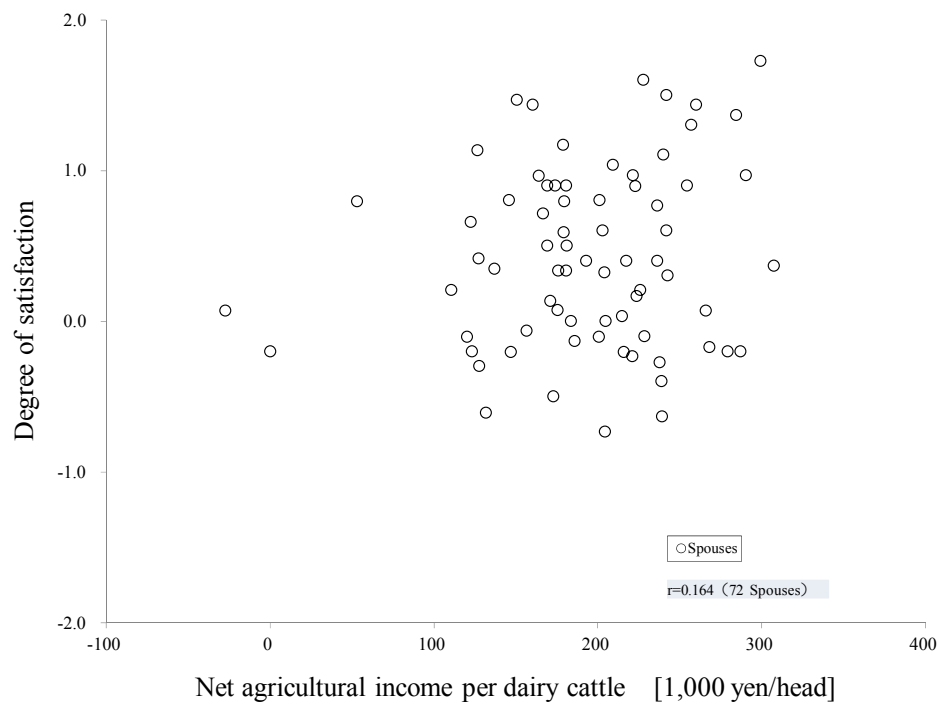
#### Appendix 4-8

The relationship between amount of purchased concentrated feed per dairy cattle and degree of satisfaction for owners.



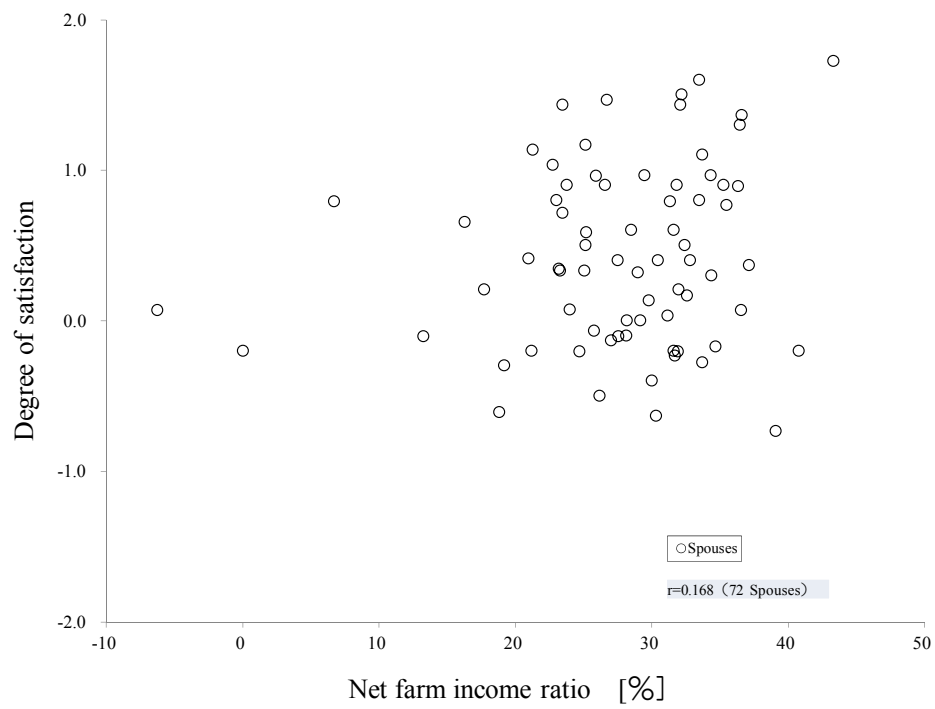
#### Appendix 4-9

The relationship between net agricultural income and degree of satisfaction for spouses.



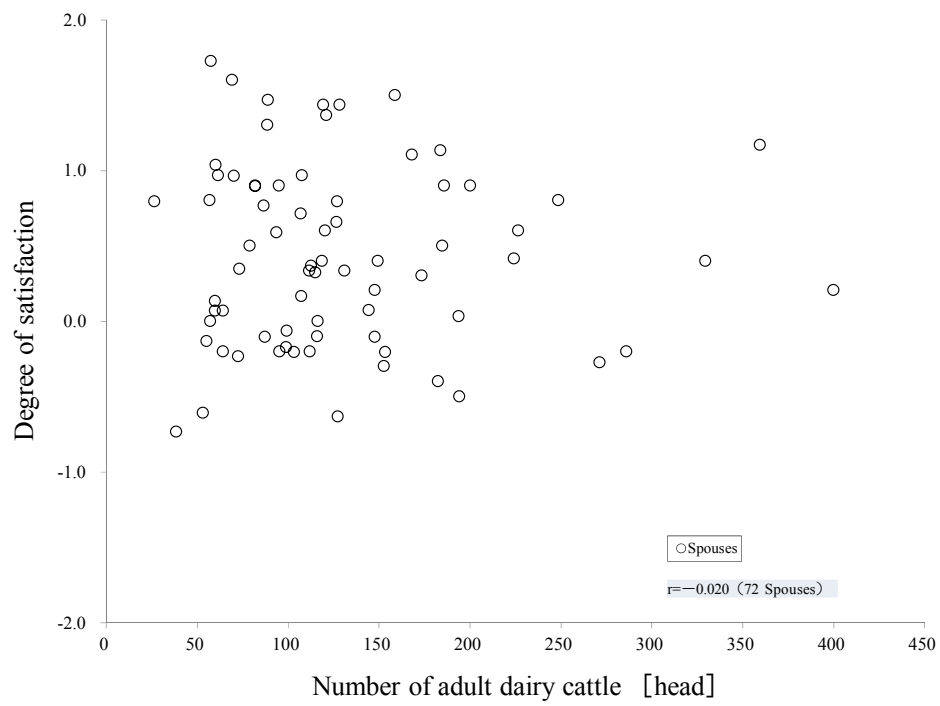
#### Appendix 4-10

The relationship between net agricultural income per dairy cattle and degree of satisfaction for spouses.



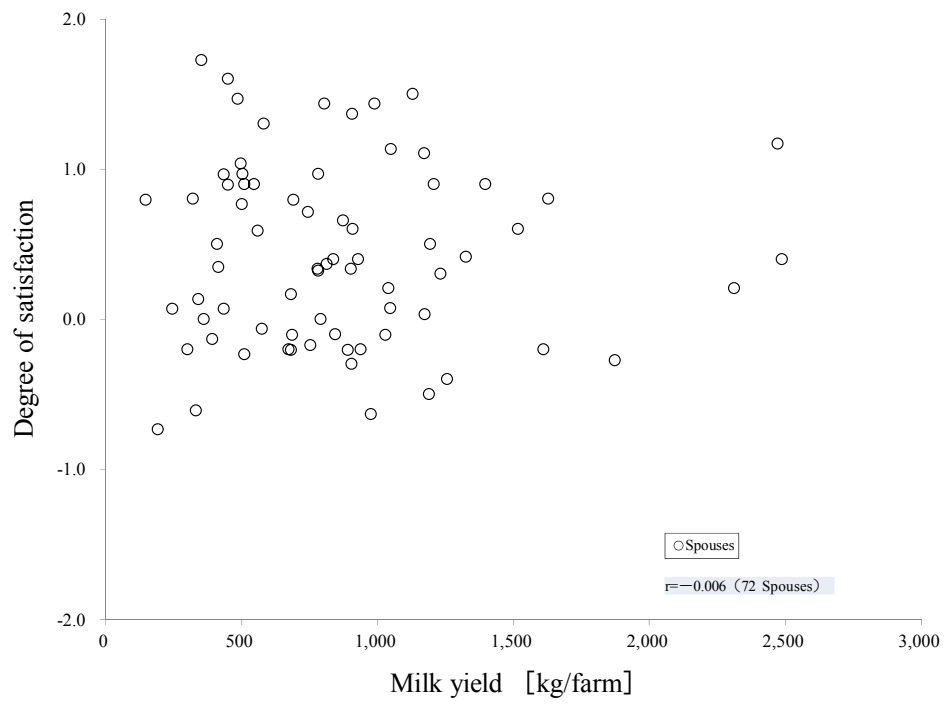
#### Appendix 4-11

The relationship between net ratio of net farm income ratio and degree of satisfaction for spouses.



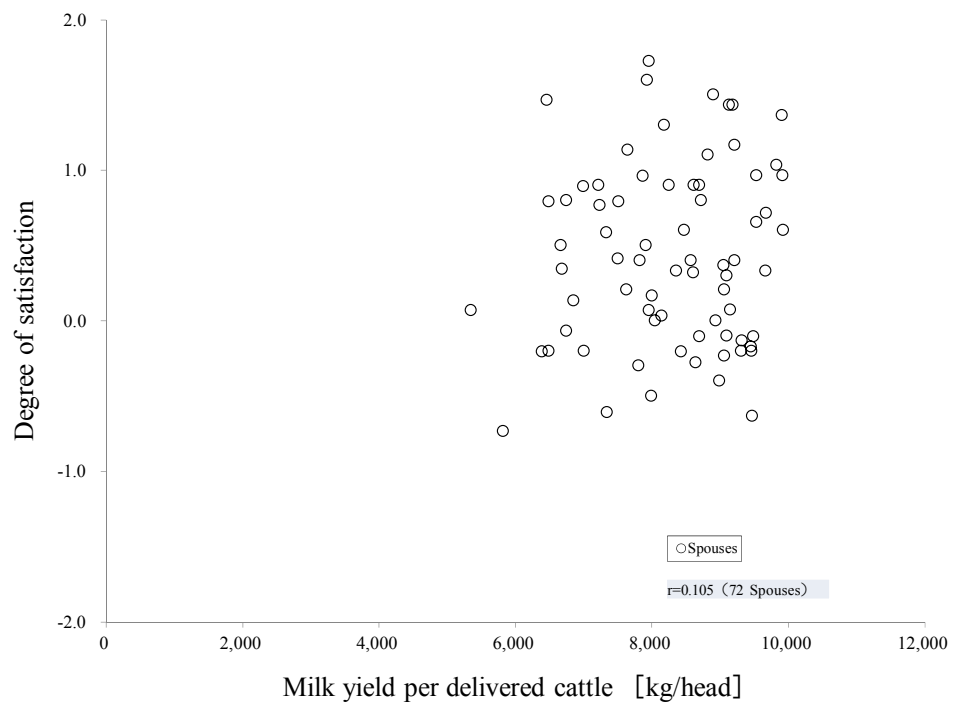
#### Appendix 4-12

The relationship between number of adult dairy cattle and degree of satisfaction for spouses.



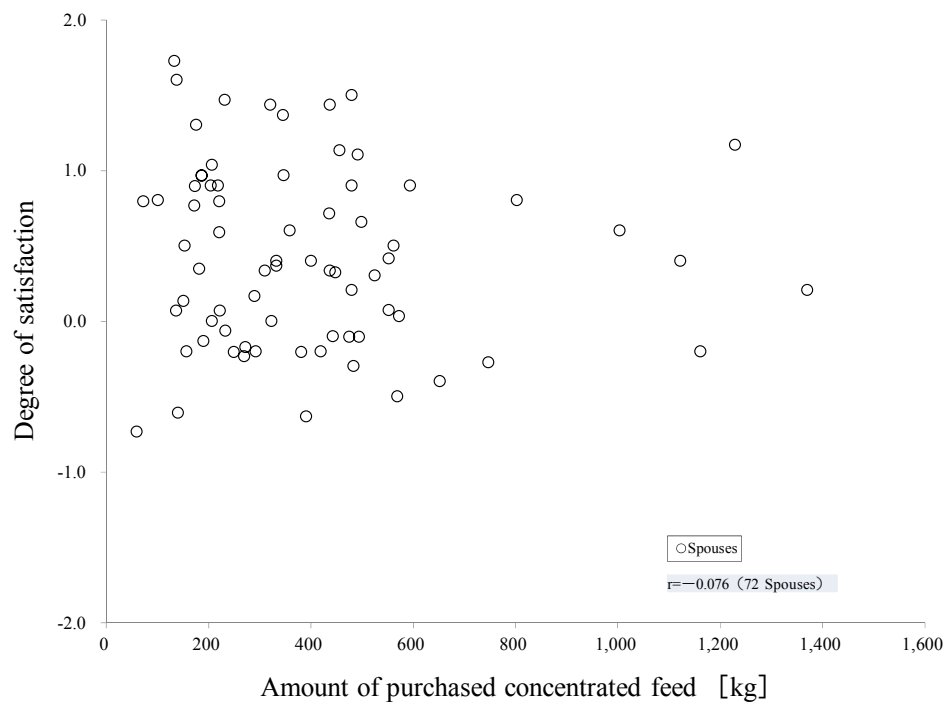
#### Appendix 4-13

The relationship between milk yield and degree of satisfaction for spouses.



#### Appendix 4-14

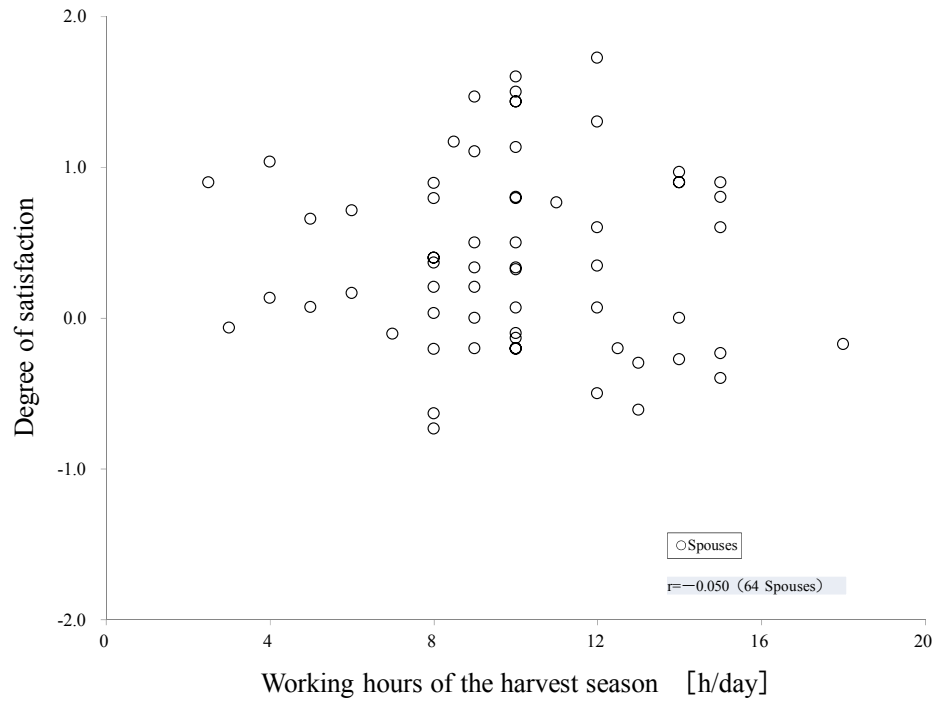
The relationship between milk yield per delivered cattle and degree of satisfaction for spouses.



#### Appendix 4-15

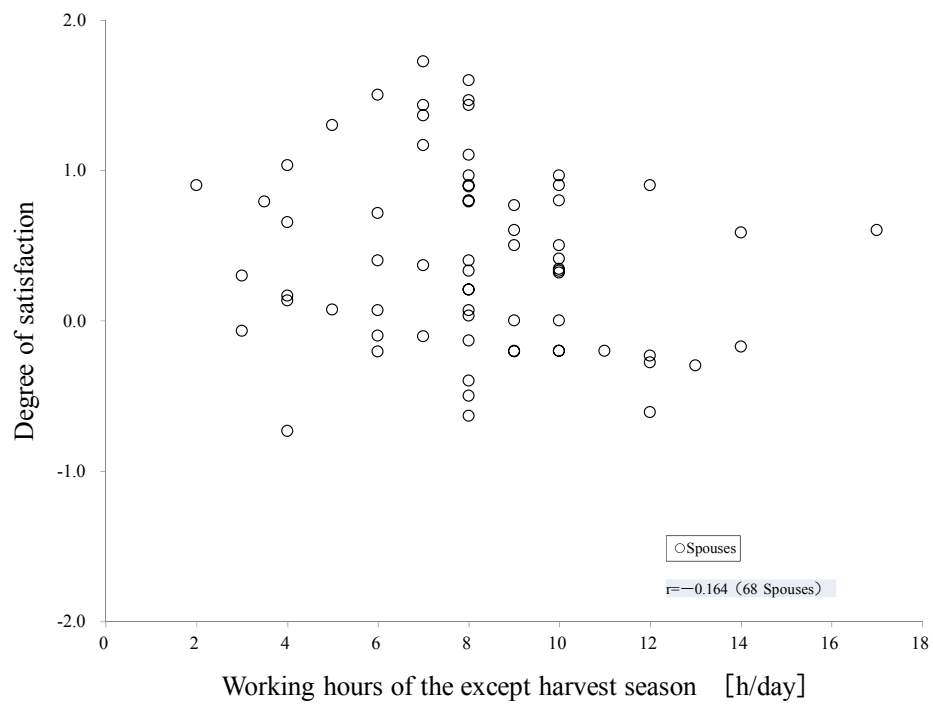
The relationship between amount of purchased concentrated feed and degree of satisfaction for spouses.





Appendix 4-16

The relationship between working hours of the harvest season and degree of satisfaction for spouses.



Appendix 4-17

The relationship between working hours of the feed harvest off-season and degree of satisfaction for spouses.

Appendix 5-1 Conditions for calculating nitrogen surplus in grass land (1).

Items	Unit	Grass land
Land area.	[ha]	1.0
Weight.	[kg]	600
First cut grass yield per unit area.	[kg/ha]	4,110
Second cut grass yield per unit area.	[kg/ha]	2,770
Self-supplied feed lost rate.	[%]	20
Content ratio of crude protein of first cut grass.	[%]	11.6
Content ratio of TDN of first cut grass.	[%]	65.1
Content ratio of crude protein of second cut grass.	[%]	15.2
Content ratio of TDN of second cut grass.	[%]	59.4
Milk yield.	[kg/(head • day)]	24
Milk protein ratio.	[%]	3.3
Milk fat ratio.	[%]	4.06

Appendix 5-1 Conditions for calculating nitrogen surplus in grass land (2).

Items	Unit	Grass land
Amount of crude protein requirements for preservation of dairy cattle per day.	[g/(head · day)]	548
Amount of TDN requirements for preservation of dairy cattle per day.	[kg/(head · day)]	3.9
Correction factor for increase in daily gain.	[%]	100
Amount of crude protein requirements for milk production of dairy cattle per one day.	[g/(head · day)]	1,776
Amount of TDN requirements for milk production of dairy cattle per one day.	[kg/(head · day)]	7.9
Correction factor for increase in dry matter intake.	[%]	3.5

Japanese Feeding Standard for Dairy Cattle(2006).

Lost rate : 20[%](No, 2005).

Hokkaido Research Organization, Agriculture Research

Department Kosen Agricultural Experiment Station(2000).

Hokkaido Dairy Milk Recording & Testing Association (2009).

Appendix 5-2 Conditions for calculating number of cattle been able  
to raise and nitrogen surplus in type 3 and 4 (1).

Items	Unit	Pasture land	Grass land
Land area in type 3.	[ha]	18.6	36.4
Land area in type 4.	[ha]	25.8	32.2
Nitrogen manure convert value of nutrient.	[kg/head]	52	
Potassium manure convert value of nutrient.	[kg/head]	116	
Weight.	[kg]	600	
Grazing yield per unit area.	[kg/ha]	6,178	—
First cut grass yield per unit area.	[kg/ha]	—	4,110
Second cut grass yield per unit area.	[kg/ha]	—	2,770
Self-supplied feed lost rate.	[%]	20	
Content ratio of crude protein.	[%]	14.4	—
Content ratio of TDN.	[%]	79.0	—
Content ratio of crude protein of first cut grass.	[%]	—	11.6
Content ratio of TDN of first cut grass.	[%]	—	65.1
Content ratio of crude protein of second cut grass.	[%]	—	15.2
Content ratio of TDN of second cut grass.	[%]	—	59.4

Appendix 5-2 Conditions for calculating number of cattle been able  
to raise and nitrogen surplus in type 3 and 4 (2).

Items	Unit	Pasture land	Grass land
Milk yield.	[kg/(head • day)]	23	
Milk protein ratio.	[%]	3.3	
Milk fat ratio.	[%]	3.7	4.1
Amount of crude protein requirements for preservation of dairy cattle per day.	[g/(head • day)]	548	
Amount of TDN requirements for preservation of dairy cattle per day.	[kg/(head • day)]	3.9	
Correction factor for increase in daily gain.	[%]	—————	
Amount of crude protein requirements for milk production of dairy cattle per day.	[g/(head • day)]	1,668	1,702
Amount of TDN requirements for milk production of dairy cattle per day.	[kg/(head • day)]	7.36	7.56
Correction factor for increase in dry matter intake.	[%]	4.0	3.5

Japanese Feeding Standard for Dairy Cattle(2006).

Lost rate : 20[%](No, 2005).

Hokkaido Research Organization, Agriculture Research

Department Konsen Agricultural Experiment Station(2000).

Agriculture in Hokkaido (2009).

Appendix 5-3 Conditions for calculating number of cattle able to raise and nitrogen surplus in type 1 and 2 (1).

Items	Unit	Pasture land	Grass land	Corn field for feed
Land area in type 1.	[ha]	18.6	18.1	10.3
Land area in type 2.	[ha]	25.8	17.5	8
Nitrogen manure convert value of nutrient.	[kg/head]	52		42
Potassium manure convert value of nutrient.	[kg/head]	116		145
Weight.	[kg/head]		600	
Grazing yield per unit area.	[kg/ha]	6,178		
First cut grass yield per unit area.	[kg/ha]		4,870	
Second cut grass yield per unit area.	[kg/ha]		3,030	
Corn for feed yield per unit area.	[kg/ha]			12,150
Self-supplied feed lost rate.	[%]		20	
Content ratio of crude protein.	[%]	14.4		7.7
Content ratio of TDN.	[%]	79.0		72.7
Content ratio of crude protein of first cut grass.	[%]		11.8	

Appendix 5-3 Conditions for calculating number of cattle able to raise and nitrogen surplus in type 1 and 2 (2).

Items	Unit	Pasture land.	Grass land.	Corn field for feed.
Content ratio of TDN of first cut grass.	[%]	—	66.2	—
Content ratio of crude protein of second cut grass.	[%]	—	14.2	—
Content ratio of TDN of second cut grass.	[%]	—	58.9	—
Milk yield.	[kg/(head • day)]		23	
Milk protein ratio.	[%]		3.3	
Milk fat ratio.	[%]	3.7		4.1
Amount of crude protein requirements for preservation of dairy cattle per day.	[g/(head • day)]		548	
Amount of TDN requirements for preservation of dairy cattle per day.	[kg/(head • day)]		3.9	
Correction factor for increase in daily gain.	[%]		100	



Appendix 5-3 Conditions for calculating number of cattle able to raise and nitrogen surplus in type 1 and 2 (3).

Items	Unit	Pasture land.	Grass land.	Corn field for feed.
Amount of crude protein requirements for milk production of dairy cattle per day.	[g/(head • day)]	1,668		1,702
Amount of TDN requirements for milk production of dairy cattle per day.	[kg/(head • day)]	7.36		7.59
Correction factor for increase in dry matter intake.	[%]	4.0		3.5

Japanese Feeding Standard for Dairy Cattle(2006).

Lost rate : 20[%](No, 2005).

Hokkaido Research Organization, Agriculture Research

Department Konsen Agricultural Experiment Station(2000).

Agriculture in Hokkaido (2009).

Appendix 5-4 Model calculation of number of cattle been able to raise  
and nitrogen surplus in grass land.

Items	Unit				
Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100	160
Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgk <sup>2</sup> O/ha]		180		
Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.8	1.2	1.9	3.1
Nitrogen input per unit area.		125	144	190	224
Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	35	52	70	70
Nitrogen surplus per unit area.		90	92	120	154

Appendix 5-5 Model calculation of number of cattle been able to raise  
and nitrogen surplus in grass land (nitrogen control).

Items	Unit				
Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100	160
Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgk <sup>2</sup> O/ha]		0		
Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.8	1.2	1.9	3.1
Nitrogen input per unit area.		125	144	239	422
Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	35	52	87	139
Nitrogen surplus per unit area.		90	92	151	283

Appendix 5-6 Model calculation of number of cattle been able to raise and nitrogen surplus in type 4 (1).

Land type	Items	Unit			
Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40		
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50		
Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180		
	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.7	0.9	1.2
Per unit area	Nitrogen input per unit area.		143	111	117
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	14	20	25
	Nitrogen surplus per unit area.		129	91	91
Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	80		
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50		
Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180		
	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.7	0.9	1.2
Per unit area	Nitrogen input per unit area.		119	87	93
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	14	20	25
	Nitrogen surplus per unit area.		105	67	67

Type 3

Appendix 5-6 Model calculation of number of cattle been able to raise and nitrogen surplus in type 4 (2).

	Land type	Items	Unit				
Type 4	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40			
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50			
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100	160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180			
	Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.6	0.8	1.1	1.1
		Nitrogen input per unit area.		149	120	121	140
		Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	13	18	23	23
	Pasture land	Nitrogen surplus per unit area.		136	102	98	117
		Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	80			
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50			
		Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100	160
	Grass land	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180			
		Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.6	0.8	1.1	1.1
	Per unit area	Nitrogen input per unit area.		117	88	85	104
Nitrogen output per unit area.		[kgN/ha]	13	18	23	23	
Nitrogen surplus per unit area.			104	70	62	81	

Appendix 5-7 Model calculation of number of cattle been able to raise and nitrogen surplus in type 3 (nitrogen control).

	Land type	Items	Unit			
Type 3	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40		
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0		
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0		160
	Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.8	1.0	1.5
		Nitrogen input per unit area.		137	115	130
		Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	17	22	33
		Nitrogen surplus per unit area.		121	93	97
	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	80		
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0		
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0		160
	Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	1.0	1.3	1.8
		Nitrogen input per unit area.		111	99	115
		Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	22	28	39
		Nitrogen surplus per unit area.		89	72	76

Appendix 5-8 Model calculation of number of cattle been able to raise and nitrogen surplus in type 4 (nitrogen control).

Land type	Items	Unit			
Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40		
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0		
Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0		
Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.8	1.0	1.4
	Nitrogen input per unit area.		141	120	130
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	17	21	31
Type 4	Nitrogen surplus per unit area.		125	99	100
	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	80		
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0		
	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100
	Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180		
	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	1.1	1.3	1.8
Per unit area	Nitrogen input per unit area.		107	97	110
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	24	29	38
	Nitrogen surplus per unit area.		83	68	72

Appendix 5-9 Model calculation of number of been cattle able to raise  
and nitrogen surplus in type 1 (1).

	Land type	Items	Unit	
Type 1	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40 60 100 160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	140
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	100
	Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.6 0.8 0.9 0.9
		Nitrogen input per unit area.		144 123 113 126
		Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	13 17 20 20
		Nitrogen surplus per unit area.		130 107 93 106
	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	80
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40 60 100 160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	140
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	100
Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.6 0.8 0.9 0.9	
	Nitrogen input per unit area.		115 95 85 98	
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	13 17 20 20	
	Nitrogen surplus per unit area.		102 78 65 78	



Appendix 5-9 Model calculation of number of been cattle able to raise  
and nitrogen surplus in type 1 (2).

	Land type	Items	Unit					
Type 1	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40				
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50				
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100	160	
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180				
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	140				
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	200				
	Per unit area	Number of cattle been able to raise.		[head/ha]	0.8	0.9	1.1	1.1
		Nitrogen input per unit area.			137	117	115	128
		Nitrogen output per unit area.		[kgN/ha]	17	20	23	23
		Nitrogen surplus per unit area.			121	97	92	105
	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	80				
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50				
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100	160	
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180				
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	140				
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	200				
Per unit area	Number of cattle been able to raise.		[head/ha]	0.8	0.9	1.1	1.1	
	Nitrogen input per unit area.			109	89	87	100	
	Nitrogen output per unit area.		[kgN/ha]	17	20	23	23	
	Nitrogen surplus per unit area.			92	69	64	77	

Appendix 5-9 Model calculation of number of been cattle able to raise  
and nitrogen surplus in type 1 (3).

	Land type	Items	Unit	
Type 1	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40 60 100 160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	150
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	100
	Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.6 0.8 0.9 0.9
		Nitrogen input per unit area.		146 126 115 128
		Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	13 17 20 20
		Nitrogen surplus per unit area.		132 109 95 108
	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	80
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40 60 100 160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	150
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	100
Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.6 0.8 0.9 0.9	
	Nitrogen input per unit area.		117 97 87 100	
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	13 17 20 20	
	Nitrogen surplus per unit area.		104 81 67 80	

Appendix 5-9 Model calculation of number of been cattle able to raise  
and nitrogen surplus in type 1 (4).

	Land type	Items	Unit				
Type 1	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40			
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50			
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100	160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180			
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	150			
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	200			
	Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.8	0.9	1.1	1.1
		Nitrogen input per unit area.		139	119	118	131
		Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	17	20	23	23
		Nitrogen surplus per unit area.		123	99	94	107
	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	80			
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50			
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100	160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180			
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	150			
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	200			
Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.8	0.9	1.1	1.1	
	Nitrogen input per unit area.		111	91	89	102	
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	17	20	23	23	
	Nitrogen surplus per unit area.		94	71	66	79	

Appendix 5-10 Model calculation of number of been cattle able to raise  
and nitrogen surplus in type 2 (1).

	Land type	Items	Unit	
Type 2	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40 60 100 160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	140
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	100
	Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.6 0.7 0.9 0.9
		Nitrogen input per unit area.		150 133 123 135
		Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	13 16 19 19
		Nitrogen surplus per unit area.		138 117 105 116
	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	80
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40 60 100 160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	140
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	100
Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.6 0.7 0.9 0.9	
	Nitrogen input per unit area.		114 96 87 99	
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	13 16 19 19	
	Nitrogen surplus per unit area.		101 81 69 80	

Appendix 5-10 Model calculation of number of been cattle able to raise  
and nitrogen surplus in type 2 (2).

	Land type	Items	Unit	
Type 2	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40 60 100 160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	140
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	200
	Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.7 0.8 1.0 1.0
		Nitrogen input per unit area.		146 128 119 125
		Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	15 18 21 23
		Nitrogen surplus per unit area.		131 110 98 102
	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	80
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40 60 100 160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	140
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	200
Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.7 0.8 1.0 1.0	
	Nitrogen input per unit area.		110 92 83 94	
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	15 18 21 21	
	Nitrogen surplus per unit area.		95 74 62 73	

Appendix 5-10 Model calculation of number of been cattle able to raise  
and nitrogen surplus in type 2 (3).

	Land type	Items	Unit	
Type 2	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40 60 100 160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	150
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	100
	Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.6 0.7 0.9 0.9
		Nitrogen input per unit area.		152 134 125 136
		Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	13 16 19 19
		Nitrogen surplus per unit area.		139 119 106 118
	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	80
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40 60 100 160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	150
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	100
Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.6 0.7 0.9 0.9	
	Nitrogen input per unit area.		116 98 89 98	
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	13 16 19 19	
	Nitrogen surplus per unit area.		103 82 70 80	

Appendix 5-10 Model calculation of number of been cattle able to raise  
and nitrogen surplus in type 2 (4).

	Land type	Items	Unit	
Type 2	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40 60 100 160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	150
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	200
	Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.7 0.8 1.0 1.0
		Nitrogen input per unit area.		147 130 121 132
		Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	15 18 21 21
		Nitrogen surplus per unit area.		132 112 100 111
	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	80
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	50
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40 60 100 160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	180
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	150
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	200
Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	0.7 0.8 1.0 1.0	
	Nitrogen input per unit area.		111 93 84 96	
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	15 18 21 21	
	Nitrogen surplus per unit area.		96 75 63 75	

Appendix 5-11 Model calculation of number of been cattle able to raise and nitrogen surplus in type 1 (nitrogen control) (1).

	Land type	Items	Unit	
Type 1	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40 60 100 160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	140
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	0
	Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	1.3 1.5 1.8 2.2
		Nitrogen input per unit area.		120 124 133 162
		Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	29 32 39 48
		Nitrogen surplus per unit area.		91 92 94 114
	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	80
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40 60 100 160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	140
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	0
Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	1.6 1.8 2.1 2.5	
	Nitrogen input per unit area.		52 49 115 144	
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	36 39 45 55	
	Nitrogen surplus per unit area.		17 10 69 89	



Appendix 5-11 Model calculation of number of been cattle able to raise and nitrogen surplus in type 1 (nitrogen control) (2).

	Land type	Items	Unit					
Type 1	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40				
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0				
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100	160	
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0				
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	150				
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	0				
	Per unit area	Number of cattle been able to raise.		[head/ha]	1.4	1.5	1.8	2.3
		Nitrogen input per unit area.			119	96	137	167
		Nitrogen output per unit area.		[kgN/ha]	30	33	40	49
		Nitrogen surplus per unit area.			89	63	98	118
	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	80				
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0				
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40	60	100	160	
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0				
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	150				
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	0				
Per unit area	Number of cattle been able to raise.		[head/ha]	1.7	1.8	2.1	2.6	
	Nitrogen input per unit area.			69	110	119	149	
	Nitrogen output per unit area.		[kgN/ha]	37	40	46	56	
	Nitrogen surplus per unit area.			32	71	73	93	

Appendix 5-12 Model calculation of number of been cattle able to raise  
and nitrogen surplus in type 2 (nitrogen control) (1).

	Land type	Items	Unit	
Type 2	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40 60 100 160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	140
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	0
	Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	1.2 1.3 1.6 2.0
		Nitrogen input per unit area.		133 133 95 151
		Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	25 28 34 42
		Nitrogen surplus per unit area.		107 105 61 109
	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	80
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40 60 100 160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	140
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	0
Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	1.6 1.7 2.0 2.4	
	Nitrogen input per unit area.		57 52 102 128	
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	34 37 42 51	
	Nitrogen surplus per unit area.		24 15 60 78	

Appendix 5-12 Model calculation of number of been cattle able to raise  
and nitrogen surplus in type 2 (nitrogen control) (2).

	Land type	Items	Unit	
Type 2	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40 60 100 160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	150
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	0
	Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	1.2 1.3 1.6 2.0
		Nitrogen input per unit area.		135 115 94 155
		Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	26 29 35 43
		Nitrogen surplus per unit area.		109 86 60 111
	Pasture land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	80
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0
	Grass land	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kgN/ha]	40 60 100 160
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kgK <sup>2</sup> O/ha]	0
	Corn field for feed area	Nitrogen standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	150
		Potassium standard application rate of fertilizer.	[kg/ha]	0
Per unit area	Number of cattle been able to raise.	[head/ha]	1.6 1.7 2.0 2.4	
	Nitrogen input per unit area.		72 51 105 132	
	Nitrogen output per unit area.	[kgN/ha]	35 37 43 52	
	Nitrogen surplus per unit area.		37 14 62 80	