HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	農村地域における窒素フローに関する研究 ： 理想的な窒素循環を維持する有機物管理を中心にして
Author(s)	松本, 成夫
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	乙第5315号
Issue Date	1998-03-25
DOI	https://doi.org/10.11501/3137278
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/51493
Type	doctoral thesis
File Information	000000322468.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

農村地域における窒素フローに関する研究

―理想的な窒素循環を前提とする有機物管理を中心にして―

1997年

恒 本 成 夫

①

農村地域における窒素フローに関する研究

—理想的な窒素循環を維持する有機物管理を中心にして—

1997年

松　本　成　夫

摘要

農村地域における窒素フローに関する研究

－理想的な窒素循環を維持する有機物管理を中心にして－

松本成夫

作物生産のため，農地には多量の肥料が施用されており，そのため，地下水などの環境が汚染されている．そこで，農地への施肥量の低減が求められている．一方，家畜糞尿やし尿・生ゴミなどの廃棄物が多量に排出されており，これらを堆厩肥に加工し，農地に施用することが勧められている．この様な相異なる要求に対しては，これらを一体的にひとつのシステムとして把握することが必要である．そのため，「農地」，「家畜」，「人」が活動する農村地域を対象とし，そこにおいて，養分の重要な要素である窒素がどれだけ循環利用されているのか，廃棄や農地からの流出によりどれだけ環境に負荷を与えているのかを明らかにし，農村地域における窒素フローを解明することを本研究の目的とする．

農村地域における窒素フローを明らかにするため，モデルの構築を行った．まず，「農地」－「食料・飼料」－「人・家畜」－「糞尿」－「農地」の循環系を基本とした．この循環系に窒素が出入りする経路を加え，モデルを構築した．出入りする経路は，農作物の出荷および食料・飼料の購入経路，糞尿や作物残渣が廃棄および販売される経路，そして，化学肥料や溶脱など農地における窒素の流入・流出経路である．

農村地域における窒素フローの見積もりは3つの部分で行った．まず，農作物主産物および副産物による吸収窒素量を求める．これは農林水産統計年報を用い，作物ごとの収量のデータに各作物の窒素含有率を掛けて求める．副産物の生産量は主産物に対する副産物の部位の重量比から求めた．次に，人・家畜に供給される食料・飼料の窒素量および排出される糞尿の窒素量，そして，その糞尿の利用量を求める．食料・飼料の消費量は農家生計費統計および畜産物生産費統計から求め，それに窒素含有率を掛けて食料・飼料に伴う窒素供給量を求める．糞尿，生ゴミの排

出量は研究データを用いて求めた．糞尿，生ゴミおよび農作物副産物の農地への利用状況は畜産統計および調査資料を用いて求めた．最後に，農地における窒素収支を求める．農地への窒素供給経路には，化学肥料，堆厩肥，降雨，灌漑および窒素固定がある．農地からの流出経路には，作物吸収，脱窒，溶脱および蓄積がある．化学肥料による窒素供給量は施用基準より，堆厩肥による窒素供給量は農林水産省が行ったアンケートデータをもとに，その他の経路は既存の研究成果をもとに，農地に出入りする窒素量を求めた．溶脱および蓄積となる窒素量は農地におけるインプット総量からアウトプット総量を引いた量であり，収支として余った窒素が溶脱もしくは蓄積するものとして見積もった．

本研究では，具体的に，茨城県内の３つの農村地域；牛久沼集水域（平地農村地域），取手市（都市地域），里美村（山地畜産地域）を対象に，それぞれの地域における窒素フローを求め，その評価を行った．

平地農村地域である牛久沼集水域では，農地に投入可能な有機物資源；農作物副産物，家畜糞尿，し尿・生ゴミの総量が農地面積当たり 142 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，そのうちの 66 kg N ha^{-1} yr^{-1} が廃棄されていた．農地から溶脱・蓄積する窒素量は 72 kg N ha^{-1} yr^{-1} であった．農地には化学肥料により 109 kg N ha^{-1} yr^{-1} の窒素が供給されており，それが溶脱・蓄積窒素量を高めていた．家畜糞尿は農地投入されていたが，し尿・生ゴミは90%が廃棄されていた．このし尿・生ゴミを農地還元利用するには，化学肥料の施用量を低減するだけでなく，作物生産を増やし，窒素の吸収量を高める必要があると予測された．

都市地域である取手市は人口が多く，そのため，300 kg N ha^{-1} yr^{-1} を越す食料が地域外から供給され，し尿・生ゴミとなって廃棄されていた．それに対し，有機物資源の農地還元量は 65 kg N ha^{-1} yr^{-1} と少ない．廃棄されている窒素を取手市内の農地で受け入れることは不可能である予測された．し尿・生ゴミの源は食料であり，取手市外から供給されたものである．廃棄窒素量を減らすためには，し尿・生ゴミを取手市外に持ち出すことが必要であると予測された．

里美村は山地畜産地域であり，農地が狭く，牛の飼育頭数が多い．そのため，およそ 100 kg N ha^{-1} yr^{-1} の飼料が地域外から購入されている．家畜糞尿の 61 %は里美村の農地に施用されているが，

化学肥料と合わせて約 160 kg N ha^{-1} yr^{-1} の窒素投入量となり，従って，農地から溶脱する窒素量は 109 kg N ha^{-1} yr^{-1} にも達していた．里美村では，狭い農地に多量の家畜糞尿が投入されることにより，農地からの窒素溶脱量が多くなることが認められた．里美村では，地域外に家畜糞尿を搬出しているが，この搬出量を増やすことにより，里美村の農地への投入量を減らすことができると予測された．

窒素を循環利用することにより，廃棄および溶脱による環境汚染を低減できると考えられる．そのためには，農地から窒素を吸収した作物の地域外への搬出もしくは糞尿の地域外への搬出を行い，複数の地域で窒素を循環させることが必要である．しかし，現在の日本では，生産された作物や糞尿などを受け入れることができる地域はないものと思われる．環境を汚染しない窒素循環を実現するためには，農地を確保し，そこで食料・飼料を生産し，また，糞尿を受け入れるシステムの確立が必要であると考える．

目次

摘要 i

謝辞 vii

第1章　緒論 1

1.1 低投入環境保全型農業の勧め 2

1.2 多量に発生する家畜糞尿の処理問題 3

1.3 農地－家畜－人の一体的な窒素フローシステム－国レベル－ 3

1.4 地域レベルでの窒素フロー把握の必要性 5

1.5 本研究の目的 5

第2章　農村地域の窒素フロー研究の位置づけ 7

2.1 窒素資源の廃棄による環境汚染 8

2.2 農地からの窒素流出による環境汚染 10

2.3 地域における窒素フロー 13

第3章　窒素フローモデル 18

3.1 モデルの構築 19

3.2 窒素フローの計算方法 24

第4章　対象地域の選定 57

4.1 対象地域選定の概念 58

4.2 牛久沼集水域（平地農村地域）の概要 59

4.3 取手市（都市地域）の概要 64

4.4 里美村（山間地域）の概要 69

第5章　平地農村地域における窒素フロー…… 74
5.1 牛久沼集水域における窒素フローの概要…… 75
5.2 農作物副産物，家畜糞尿などの肥料として利用可能な有機物の処理，利用…… 77
5.3 農地における窒素収支…… 79
5.4 地域の窒素循環への窒素の出入り…… 81
5.5 牛久沼集水域における窒素フ循環の特徴…… 83

第6章　都市地域における窒素フロー…… 86
6.1 取手市における窒素フローの概要…… 87
6.2 農作物副産物，家畜糞尿などの肥料として利用可能な有機物の処理，利用…… 89
6.3 農地における窒素収支…… 91
6.4 地域の窒素循環への窒素の出入り…… 93
6.5 取手市における窒素フ循環の特徴…… 95

第7章　山間地域における窒素フロー…… 98
7.1 里美村における窒素フローの概要…… 99
7.2 農作物副産物，家畜糞尿などの肥料として利用可能な有機物の処理，利用……101
7.3 農地における窒素収支……104
7.4 地域の窒素循環への窒素の出入り……105
7.5 里美村における窒素フ循環の特徴……108

第8章　各農業地域における窒素フローの比較……111
8.1 堆厩肥として利用可能な有機物資源の処理，利用の比較……112
8.2 農地における窒素収支の比較……114
8.3 地域外との窒素の出入りの比較……116
8.4 窒素フローの特徴の比較……118

第9章　窒素フローの評価……122
9.1 様々な地域における窒素フローの比較による評価……123
9.2 河川の水質汚染による窒素フローの評価……129

第１０章　環境保全のための対策とその評価……136
10.1 環境保全のための対策……137
10.2 対策を行った場合の窒素フロー……140

第１１章　適正な窒素循環を維持するための有機物管理……158
11.1 適正な窒素循環のための有機物管理……159
11.2 理想的な窒素循環を実現するために……160

要約……162

引用文献……172

附表……181

謝辞

本研究をとりまとめるに当たり，北海道大学教授波多野隆介博士には終始懇切なるご指導をいただき，本稿の御校閲を賜った．北海道大学教授但野利秋博士には本稿の御校閲と詳細なご指導を頂いた．北海道大学教授大久保正彦博士には本稿の御校閲と有益なご教示を頂いた．

本研究は，農林水産省農業環境技術研究所環境管理部資源・生態管理科資源・環境動態研究室（現，生態管理研究室）で実施した研究成果をとりまとめたものである．この間，資源・環境動態研究室長，資源・生態管理科長として在任された三輪睿太郎博士（現，農林水産省農林水産技術会議事務局長）および三輪睿太郎博士の後任として資源・環境動態研究室長に在任された袴田共之博士（現，農林水産省農業環境技術研究所地球環境研究チーム長）には研究途上で御指導と御激励を賜った．また，袴田共之博士の後任として資源・環境動態研究室長に在任された織田健次郎博士には研究の更なる発展において御指導と御激励を賜った．

農業環境技術研究所環境管理部資源・生態管理科長として在任された陽　捷行博士（現，農林水産省農業環境技術研究所企画調整部長）には研究途上で御指導と御激励を賜った．また，陽　捷行博士の後任として資源・生態管理科長に在任された福原道一博士（現，農林水産省農業環境技術研究所環境管理部長）および清野　豁博士には的確なご指導を頂いた．

茨城県農業総合センター農業研究所の小川吉雄博士および農林水産省農産園芸局の岩元明久氏には研究途上で詳細な議論を共にして頂くと共に暖かい御激励を賜った．

農林水産省農産園芸局農産課土壌保全班には土壌管理実態調査アンケートのデータを提供して頂いた．農林水産省農業研究センター農村計画部には農業センサス集落カードのデータを提供して頂いた．

宮城県農業センターの佐藤一良氏，農林水産省農業研究センターの三浦重典氏（現，農林水産省東北農業試験場），北海道大学農学部大学院生の高橋千穂氏（現，青年海外協力隊），農林水産省北海道農業試験場の竹中昭雄氏（現，農林水産省畜産試験場）および農林水産省農業環境技術研究所環境管理部資源・生態管理科資源・環境動態研究室の三島慎一郎氏とは研究を共に行い，多くの議論を重ねて頂いた．

農林水産省農業環境技術研究所環境管理部資源・生態管理科の井手　任博士（現，農林水産省農業研究センター），松森賢治氏，横張　真博士，八木一行博士（現，農林水産省国際農林水産業研究センター）および加藤好武博士には研究途上で多くの議論を共にして頂いた．

実際の研究作業の遂行に関しては農林水産省農業環境技術研究所環境管理部資源・生態管理科資源・環境動態研究室の臨時職員の鈴木静子氏のご協力によるところが大きい．

以上の諸氏に心から感謝の意を表します．

第1章

緒論

1.1 低投入環境保全型農業の勧め

農業は食料を生産する「なりわい」である．従って，農業技術は食料を生産するための技術であり，食料の生産量を高めること，安定的に食料が生産されること，質の高い食料が生産されることが求められる．そのため，肥料や農薬などの資材および機械や施設などにエネルギーが多量に投入されている．

窒素は肥料成分のうち重要な要素であり，多量に施用されている．この窒素施用量は作物による吸収量を上回ることが多く，特に，野菜作においては，窒素施用量が作物吸収量の 2 倍以上になることも見られる（小川，1995a）．

このため，野菜畑には多量の窒素が残り，それが地下に浸透することにより地下水の水質を汚染していることが明らかになっている（小川，1995b）．大豆や麦が作られている畑では，窒素施用量が少なく，地下水の硝酸態窒素濃度は 2 mg L^{-1} である．飲料水の水質基準が 10 mg L^{-1} であること，雨の全窒素濃度が 1 mg L^{-1}（岡本ら，1992）であることと比較すると，2 mg L^{-1} の窒素濃度は低いといえる．これに対し，野菜畑における地下水の硝酸態窒素濃度は 20 mg L^{-1} であり，飲料水には適さないほど汚染されている．

この様な水質汚染などの環境汚染を低減するため，肥料の施用量を低くすることが提案されている．これが，低投入環境保全型農業の基本概念のひとつである．具体的には，収量および品質をあまり低下させることなく，かつ，環境への流出量を抑えるように，肥料の施用量をコントロールすることが要求される（小川，1995a）．

1.2 多量に発生する家畜糞尿の処理問題

我が国における家畜糞尿の年間発生量は窒素では62万トンにも達する（築城・原田，1994）．この家畜糞尿が環境に流出した場合，多大な環境汚染がもたらされるため，その処理は重要な課題となっている（羽賀，1990）．

家畜糞尿は農地に施用し，肥料として活用することができる．我が国の農地が受け入れることが可能な家畜糞尿の窒素量は 58～71 万トンと見積もられている（志賀，1994）．家畜糞尿の発生量が62万トンであるため，これらの家畜糞尿は我が国の農地で許容できるといえる．

しかしながら，都道府県別に，農耕地 1 ha 当たりに対する家畜糞尿の窒素量を見てみると，100 kg N ha^{-1} 以下の都道府県から 300 kg N ha^{-1} を越す県まで幅が大きい．日本全体に家畜糞尿が均一に配ることが可能であれば，農地の許容量に収まるであろう．しかし，実際には，家畜糞尿が多量に発生する県があり，そのような地域では，家畜糞尿を農地に還元すると，農地の許容量を超えることになり，環境汚染を引き起こすことになると思われる（原田，1992）．

1.3 農地－家畜－人の一体的な窒素フローシステム－国レベル－

農地では，地下水汚染などを低減するため，肥料の投入量を抑えることが望まれている．一方，家畜糞尿の発生量は多く，それを農地に施用することが望まれている．これらは明らかに矛盾した要求である．

これを解決するためには，作物による窒素吸収量，化学肥料による窒素投入量および家畜糞尿

の発生窒素量を一体的に把握することが必要である．そこで，岩元・三輪（1985）は我が国における食料供給に伴う窒素フローを定量的に明らかにするモデルおよび手法を開発した．

その手法を用いて，我が国における窒素フローが明らかにしたところ（三輪・岩元，1988；袴田，1992；袴田，1996），作物により農地から吸収される窒素量よりやや少ない窒素量が化学肥料により農地に供給されていることがわかった．家畜糞尿の発生量は化学肥料による窒素供給量とほぼ同じであり，さらには，人間を経由するし尿・生ゴミなどの窒素量もほぼ同じ量であることが明らかになった．このことより，作物に吸収される窒素の約2倍もの窒素量が農地で受け入れることができず，環境に負荷を与えていることがわかる（図1.1）．

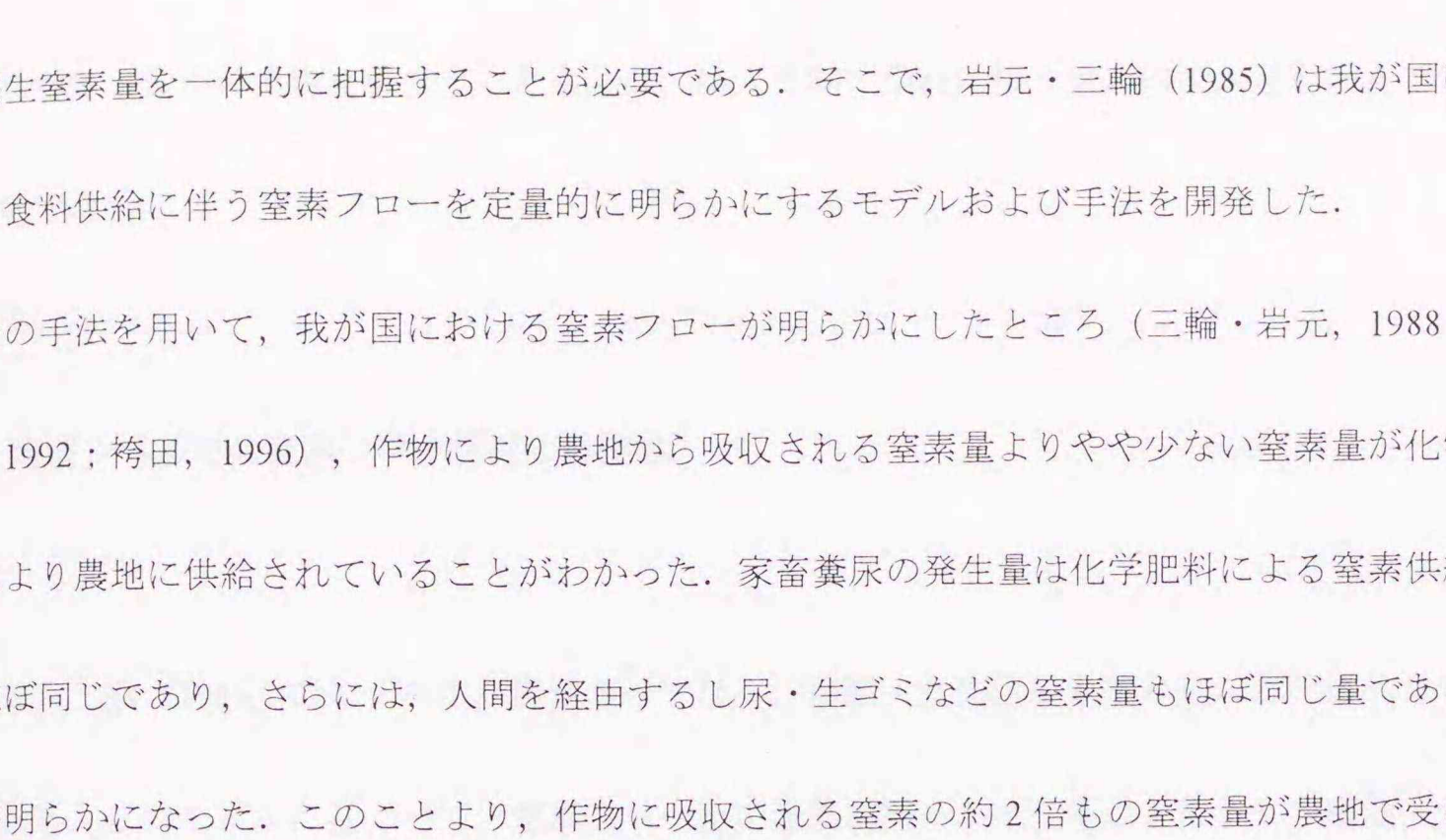


図1.1　1992年の日本における食飼料供給に伴う窒素フロー（1000 tN）［袴田，1996］

また，この環境に多大な負荷を与えているのは，食料・飼料が多量に輸入されているためであることもわかる．この輸入食料・飼料に伴う窒素の流入量は国内で生産される食料・飼料の窒素

量より多い．日本の環境を保全するためには，輸入食料・飼料に伴う窒素の流入量を抑えることが必要である．

1.4 地域レベルでの窒素フロー把握の必要性

岩元・三輪（1985）のモデルは，農地だけでなく，畜産・食生活をも組み込んだ一体的なモデルである．このモデルに基づいて，窒素フローを定量的に明らかにすることにより，畜産・食生活がどれだけ環境負荷をもたらしているかが把握できる．

ところが，岩元・三輪（1985）のモデルは日本全体を対象としている．農地面積当たりの家畜糞尿の発生量が都道府県によって異なるように，地域ごとに化学肥料，家畜糞尿およびし尿・生ゴミの窒素量は異なる．

従って，地域レベルの特徴を反映することができる窒素フローが必要となる．しかし，地域レベルでの窒素フローを定量的に把握するモデルおよび手法はあまり開発されていない．また，地域における窒素フローの実態もあまり明らかになっていない．

1.5 本研究の目的

そこで，本研究は以下の事項を目的として行った．

1．農村地域における窒素フローを明らかにする．そのために必要な窒素フローモデルの構築を行う．そして，窒素フローを見積もるための手法の開発を行う．

2．環境汚染を指標として，農村地域の窒素フローの評価を行う．そのため，窒素フローモデルは環境汚染の程度を明らかにできるようにする．

3．農村地域における窒素フローの評価をもとに，窒素の循環利用促進と地域の環境保全のための地域の有機物資源管理の指針を行う．

本研究の手法を活用することにより，有機物資源の適正管理を行うことができ，地域の環境を保全することができるものと考える．

第２章

農村地域の窒素フロー
研究の位置づけ

本研究は，窒素資源である有機物を適正に管理することにより，農業からの環境汚染を低減することを目的としている．本章では，農業がもたらす環境汚染について，これまでの研究成果を整理するとともに，本研究の位置づけを行う．

農業がもたらす環境汚染については，数多くの研究が行われている．これらは，主に，2 つの課題に分けられる．一つは家畜糞尿などの窒素資源の廃棄による環境汚染であり，2.1 節で研究の現状について述べる．もう一つは農地から流出する窒素による環境汚染であり，2.2 節で述べる．

しかしながら，農業がもたらす環境汚染は，窒素資源を利用しつつ，農地からの窒素流出を少なくすることが必要であり，そのためには，これらを結合して把握する必要がある．具体的には，地域における窒素フローを把握する研究が行われている．2.3 節では，地域における窒素フローの研究をレビューするとともに，本研究の位置づけを行う．

2.1 窒素資源の廃棄による環境汚染

ここで，窒素資源とは，農地に施用し，肥料として利用できる有機物のことである．具体的には，家畜糞尿，わら・茎葉などの作物残渣，そして，し尿・生ゴミなどである．これらの有機物が廃棄されると，それに含まれる窒素が環境に流出し，汚染を引き起こす．

2.1.1 家畜糞尿による環境汚染

家畜糞尿がもたらす公害問題としては，悪臭が最も多く，次いで，水質汚染が問題となってい

る（羽賀，1990）．家畜糞尿が処理場で処理される率は低く，ほとんどは堆積・貯留・発酵の処理が行われている（農林水産省統計情報部，1988a, 1988b, 1993a, 1993b, 1994）．そして，堆積場から糞尿が流出し，地下水などを汚染する（原田，1985；越野，1994；能代，1994；大村，1996）．この流出・浸透する窒素による水質汚染は深刻であり，家畜糞尿を適正に処理・利用することが求められている．

家畜糞尿の処理については数多くの研究が行われてきており，手引き書（農林省畜産局，1978）も出ている．家畜糞尿の厩肥への加工（農林水産省農業研究センター，1985b；石丸，1976；西村，1990 など），作物への施肥効率（農林水産省農業研究センター，1985a）がよく調べられており，家畜糞尿の農地への利用を高めるのに寄与している．

家畜糞尿を農地に還元し，有効利用による環境保全を図ることは好ましいことであるが，その排出量が非常に多いことが問題となっている．日本で排出される家畜糞尿に含まれる窒素量は，化学肥料で施用される窒素量に匹敵する（羽賀，1993）．家畜糞尿を厩肥に加工するだけでなく，農地とのバランスの研究も進められている（西尾，1991）．

2.1.2 作物残渣による環境汚染

わら・茎葉の作物残渣の廃棄による環境負荷はあまりないと見えて，研究報告は見あたらない．むしろ，作物残渣の農地還元による土壌の変化に関心があり，その研究が多い．しかし，実際には，焼却されたりしており，環境への負荷はあると思われる．

2.1.3　し尿による環境汚染

し尿は，現在，下水道，し尿処理施設，浄化槽で処理されており，河川や地下水に直接流出することはない．これらの処理施設から出る汚泥は，一部，農地還元されているが，大半は焼却され，埋め立てられている（建設省都市局下水道部，1987）．

そのため，し尿に含まれる窒素の流出による環境汚染はかなり低くなっている．窒素の除去率は，下水道処理施設およびし尿処理施設で30％，そして，浄化槽ではわずか10％である（田渕・高村，1985）．これらの除去されなかった窒素は，放流水とともに河川に流出し，これが環境汚染となっている．

汚泥の農地還元利用はまだ一部であり，この利用率を促進するため，汚泥中の肥料成分，肥効，土壌への影響（長谷川，1993；今川，1986；山田，1985など）などが研究されている．しかし，汚泥の利用には重金属が多量に含有しており，肥料として利用するには大きな問題となっている（久保井，1986；久保井ら，1995）．

2.2　農地からの窒素流出による環境汚染

農地からの窒素流出による環境汚染は，生活用水および農業用水の窒素濃度を高め，生活環境や作物生産に支障をきたす．また，富栄養化をももたらし，自然環境の悪化も問題にされている．

そのため，農地からの窒素流出に関する調査・研究がかなり多く行われている．農地から流出する窒素濃度，施肥との関係に関する調査・研究は特に多い．また，流出のメカニズムを把握するため，窒素収支の解明も行われている．さらに，窒素の流出量を減らすための対策についても

研究が行われている.

2.2.1 農地から流出窒素による環境汚染

農林水産省は，全国の農地から流出する水を調べ，窒素濃度が，水田で約 3 mg N L^{-1}，その他の農地で 10 mg N L^{-1} 以上になっていることを明らかにした（農林水産省資源課資料）．また，同様の調査が各県で行われており，畑から高濃度の窒素が流出していることを明らかにしている（愛知県農業総合試験場，1994 など）．

特に，野菜畑では，窒素の流出量が多く，その地下水は 20 mg N L^{-1} を越す窒素濃度になっている（小川ら，1979；朴ら，1995）．麦やいも類，豆類などの普通畑の地下水は 10 mg N L^{-1} 程度の窒素濃度でやや低くなる（小川ら，1979；日高，1992；大村，1994）．牧草地からの窒素流出量はかなり低く，3 mg N L^{-1} 程度であるが（大村，1994；倉持ら，1994），家畜が加わると高くなり，20 mg N L^{-1} にもなる（日高，1992；愛知県農業総合試験場，1994）．水田の地下水の窒素濃度は低く，3 mg N L^{-1} 以下である（日高，1992；大村，1994；木方・結田，1992）．

2.2.2 施肥と環境汚染

野菜畑で高い窒素流出量があるのは，施肥量が多いためである．この施肥量と窒素流出量の関係は高い（上沢，1993；野菜・茶試土肥研，1992）．

家畜糞尿は有機物肥料として施用されているが，その量が多いと多大な環境汚染をもたらす（小川ら，1988；吉浦ら，1986）．そこで，家畜糞尿の適量施用基準が策定されている（倉島，1994）．それでも，家畜糞 50 t ha^{-1}，化学肥料 50 kg N ha^{-1} と窒素成分にするとかなり多い量であ

る.

2.2.3 窒素収支の把握による環境負荷の解明

一般には，施肥量が多いと窒素の流出量が多くなる．この機構をより明確にするため，農地における窒素収支の研究が行われている．

麦やソルガムなどの農地における収支を見ると，施肥された窒素が作物に吸収される率はかなり高い（小川，1995；Jenkinson and Parry，1989；Van Faassen and Lebbink，1994；Rosswall and Paustian，1984；House et al.，1984；Frissel，1978）．施肥量 200 kg N ha^{-1} に対し，流出する窒素量は 70 kg N ha^{-1} である．この施肥量が作物吸収量と同じくらいになると，流出窒素量は 40 kg N ha^{-1} 程度まで低下し，施肥量が作物吸収量より少なくなると，20 kg N ha^{-1} にまで低下する．無論，農地に蓄積している窒素量は減少する．

水田では，流出窒素量が少なく，20～30 kg N ha^{-1} である（関矢，1987；長谷川，1992；愛知県農業総合試験場，1994）．この場合，農地の窒素蓄積量に関しては，稲わらが還元されていれば，大きな増減はない．水田の地下水の窒素濃度はかなり低いが，これは，肥料効率が良く，流出する窒素量が少ないためであることが窒素収支から読みとれる．

採草地では，牧草に吸収される窒素量が多く，流出量は少ない（倉島，1987）．放牧地では，牛がその場で牧草を食べ，糞尿を排出するため，放牧地からの窒素の持ち出しがなくなり，その分，流出量が多くなることがわかる（倉島，1987；Shiyomi et al.，1996）．

この様に，窒素収支を明らかにすることにより，窒素動態の機構を把握することができる．資源の有効利用，適正管理を行う上で，窒素の収支，フローの把握は必要である．

2.2.4 農地からの環境負荷低減のための対策

農地から流出する窒素量を低減するため，いくつか対策が立てられている．そのうちの一つが緩効性肥料の使用である．また，輪作体系も農地に残存する窒素を利用できるため，有効な対策とされている．

緩効性肥料は徐々に窒素を放出する特性を持つ肥料であり，まず，その放出特性の把握が必要である．また，作物の生育にどの様に影響を及ぼすのかも明らかにする必要がある．これらの研究が，現在，盛んに行われており（石橋ら，1992；金田ら，1994 など），環境への流出に関する研究はまだ少ない（金田，1995；高橋，1993；酒田ら，1995）．

野菜は作物の生育途中で収穫するため，農地に充分な窒素がある状態で収穫する必要がある．そのため，収穫後，農地に残存した窒素が流出し，環境を汚染する．そこで，野菜の収穫後に麦や飼料作物などを作付し，その残存した窒素を吸収させ，窒素の有効利用を図るのが，輪作体系の利点である．この輪作による窒素の吸収効率は高く，窒素の流出も少ないことが明らかになっている（小川，1996）．

2.3 地域における窒素フロー

家畜糞尿などを窒素資源として有効に利用することは重要なことである．しかしながら，農地においては，投入量を減らそうとしている．これらは明らかに矛盾しており，そのためにも，窒素資源となる有機物の処理，利用と農地における窒素収支を一体的に把握することが必要である．

このような一体的に窒素の動きを把握した上で，どのようにして窒素資源を廃棄せず，かつ，農地からの窒素流出をもなくすかの対策を立てて行くべきである．

この研究のポイントは，「農地」と「人・家畜」を一つに組み込み，窒素フローを把握することである．この様な一体的な把握は，国における食料・飼料の供給に伴う窒素フロー，酪農家における窒素フローの研究で行われている．

2.3.1 国における窒素フロー

岩元・三輪（1985）は，日本における食料・飼料の供給に伴う窒素フローを明らかにする手法を開発した．このモデルでは，農地と環境が分離されていないが，国内食料・飼料の生産量との差が環境負荷となっているとみなせる．そして，この窒素フローにより，環境負荷の窒素が何処から，どの様な経路でもたらされたのかが明らかになる．

この手法を用いて，1982 年と 1960 年の日本における窒素フローを明らかにしたところ，輸入食料・飼料が環境に多大な負荷を与えていることを明らかになった（三輪・岩元，1988）．さらに，1987 年と 1992 年の窒素フローを明らかにしたところ，輸入食料・飼料がますます増大し，それが環境負荷を高めていることを明らかにした（袴田，1992；袴田 1996；Hakamata，1990；川島，1995）．

この手法は日本だけでなく，他の国に対しても適用でき，オランダおよびタイにおける窒素フローを明らかにした．そして，オランダでは，窒素の循環利用が高いことを示した．タイでも窒素の循環利用率が高いが，むしろ，環境からもたらされる窒素により，生産が賄われていることを示した（Miwa，1990）．

この他に，ベルギーで食料・飼料の生産，消費に伴う窒素フローが明らかにされている（OECD, 1996）．このモデルは「農地－畜産」の循環系を基本に，それに出入りする窒素を明らかにするものである．この窒素フローからは，輸入飼料が畜産を経て家畜糞尿となり，農地に施用され，化学肥料の施用もあり，農地に多量の窒素が供給され，それが溶脱・揮散となって環境に負荷を与えていることがわかる．

2.3.2 酪農家における窒素フロー

酪農家には，農地と家畜が存在し，窒素がやり取りされている．そこにおける窒素フローの研究はよく行われている（築城・原田，1996；Aarts et al.，1992；大村，1996；杉本ら，1987）．

酪農家における窒素フローは細かい点で異なるものの，大まかには同じ特徴を持っている．自家の農地で飼料を生産しているが，配合飼料も購入し，畜産物の生産を支えている．この副産物として家畜糞尿が排出されているが．これを廃棄すると環境問題となるため，農地還元される．一方，飼料生産のため，化学肥料が施用されている．そのため，農地への窒素供給量が多くなり，農地からの流出窒素量が多くなる．

他の言い方をすると，購入飼料と施肥により窒素を持ち込み，それが農地からあふれ出しているといえる．この農地からあふれ出す窒素を減らすためには，化学肥料を減らす他に，家畜糞尿を他の農家，例えば畑作農家に搬出することが考えられるが，築城・原田（1996）のモデルに見られるだけで，他のモデルでは扱われていなかった．

2.3.3　地域における窒素フローの必要性

国および酪農家における窒素フローについては，それを求める手法があり，いろいろな国および酪農家を対象に明らかにされてきた．しかし，市町村レベルで窒素フローを明らかにした研究はまだない．

「環境保全のために，有機物を如何に管理するか」をテーマとしたとき，国ではあまりにも広すぎる．国内には，水田が優占する地域，畑が主な地域，畜産が盛んな地域など，地域ごとに特性が異なる．それは，有機物の生産量，それを受け入れる農地の違いとなって現れ，従って，有機物を如何に管理するかも異なってくる．地域の特性がはっきりしてくるのが市町村レベルである．

酪農家は家畜糞尿を排出する．その家畜糞尿を適正に管理しようすれば，他の農家への移動が必要となってくる．しかし，家畜糞尿の排出量を受け入れるだけの農地が必要である．この関係を明らかにするには，農家ではなく，地域を対象とした窒素フローの把握が必要である．

市町村レベルにおいては，農村地域における有機物フロー（松本ら，1990；松本ら，1992a；松本ら，1992b；松本ら，1992c；労働科学研究所，1986）の研究がある．また，酪農地域を単位とした窒素のインプット，アウトプットの研究もある（岡井ら，1993）．

しかし，「環境保全のために，有機物を如何に適正に管理するか」を明らかにするため，「市町村程度の広がりを持つ地域」を対象とし，「家畜糞尿などの有機物の利用，廃棄」の実態を反映し，また，「農地に供給された窒素がどれだけ作物生産に利用され，どれだけ環境に流出しているか」を明らかにし，これらを「一体的に窒素フローとして把握」した研究はまだない．

つまり，市町村程度の広がりを持つ地域において，窒素資源の作物生産への利用，環境負荷が

明らかになる窒素フローのモデル，フロー量を見積もる方法から行う必要がある．また，さらに，

窒素フローを評価する手法も開発する必要がある．

第3章

窒素フローモデル

3.1 モデルの構築

3.1.1 モデルの背景

農地では，多量の施肥が行われるため，窒素が作物に吸収されずに残存し，それが農地から流出し，環境を汚染する．そこで，農地への施肥量を，作物生産に大きく影響しない程度に低くすることが提案されている（庄子，1995；システム農学会，1996）．

畜産では，家畜糞尿を野積みにしたり，糞尿溜で処理している間に，糞尿が流出し，環境が汚染されている（原田，1985）．そこで，家畜糞尿を肥料として利用することが提案されている（農林省畜産局，1978）．しかしながら，肥料の施用量を下げようとしている農地に，家畜糞尿を肥料として利用するには，家畜糞尿の生産量が多すぎる（原田，1992）．

家畜糞尿の源は飼料である．飼料は農地から生産される．何故，家畜糞尿の生産量が農地に対して多くなるのか．一つは，化学肥料の施用により，家畜糞尿からの窒素が余剰となってしまうことがある．もう一つには，飼料が地域外から持ち込まれているため，農地に対する家畜糞尿の量が多くなるためである．

これは食料ついても同じことがいえる．食料は生産地から消費地へ移動しており，消費地では，し尿や生ゴミを農地に施用した場合，多量の窒素が農地に供給されることになる．現在，し尿の農地への施用とは，下水汚泥の農地施用を意味することが多く，それには，重金属などが問題となっている（山田，1985）．しかし，この問題が解決されたとき，農地への過剰な窒素供給が次なる問題となることは容易に想像できる．．

3.1.2 モデルの対象とする物と場

前節で述べた問題を解決するには，これらの問題を関連させ，一体的に把握することが必要である．すなわち，農地への窒素供給量を抑えつつ，家畜糞尿やし尿などの有機物を有効に利用し，その利用に際しては，食料，飼料の地域間の移動も考慮することである．それには，「農地への窒素供給」，「有機物の利用」および「食料，飼料の地域への移入」を一体として把握することにより，これらの関連を明らかにすることが可能となる．

そこで，本研究では，「農地への窒素供給」，「有機物資源の利用」および「食料，飼料の地域への移入」を一体として組み合わせたモデルを構築した．ここで，具体的にモデルを構築する際，いくつか限定しなくてはならないことがある．すなわち，モデルが扱う物とモデルが対象とする場である．モデルが扱う物とは，物質，エネルギー，お金，意志決定などである．また，モデルが対象とする場とは，モデルが扱う物の影響する空間であり，原子の世界から宇宙の世界までである．

まず，モデルが扱う物を「窒素」とした．これは「農地への窒素供給」，「有機物資源の利用」および「食料，飼料の地域への移入」に共通な特性であり，「窒素」がどのように移動しているのかで一体化することができる．すなわち，窒素フローの観点で一体的なモデルを構築することにした．

次に，モデルが対象とする場を特定する．「農地への窒素供給」，「有機物の利用」および「食料，飼料の地域への移入」を扱う場として，市町村のような広がりの「地域」を対象とすることにした．食料，飼料の地域への移入に関しては，ある地域を対象とすることが妥当である．また，有機物は家畜糞尿やし尿などであり，それらは家畜や人から排泄され，人によって

処理される．そのため，有機物の移動は農家より大きな空間で把握する必要がある．

ここで，どれくらいの広がりを持つ地域であれば，有機物の移動が容易であるかが問題となる．例えば，日本を一つの空間とした場合，有機物が多量に生産される地域と少量しか生産されない地域があり，その地域間で有機物が移動することは難しいと思われる．有機物の移動に関しては，都府県支庁であればそう難しくないであろうと考えられ，市町村ではかなり容易であると思われる．

農地への窒素供給に関しては，農地を対象とすることが妥当であるが，食料・飼料や糞尿の窒素移動を考慮すると，市町村のような地域を対象とする必要がある．地域の農地を一単位として捉える場合，作物ごとの窒素フローの特徴が隠れてしまう．例えば，マメ科の窒素固定量は窒素施肥量を増加させると低下することが良く知られている．また，溶脱量も土壌ごとに異なる．しかし，施肥量，窒素固定量，溶脱量を地域内の各農地で把握し，窒素フローを積み上げることは困難である．ただし，このような窒素フローの曖昧さを踏まえれば，日本の農地を一単位としても，農地における窒素フローの把握は可能である．

以上の条件を考慮し，本研究では，市町村程度の広がりの地域を対象として，モデルを構築することにした．

3.1.3 モデルの構成

本研究で開発した窒素フローモデルは，「農地への窒素供給」，「有機物の利用」および「食料，飼料の地域への移入」を一体化したモデルとして，具体的に，３つの部分，「食料，飼料，敷料の供給」，「農作物副産物，家畜糞尿，し尿・生ゴミの利用」及び「農地における

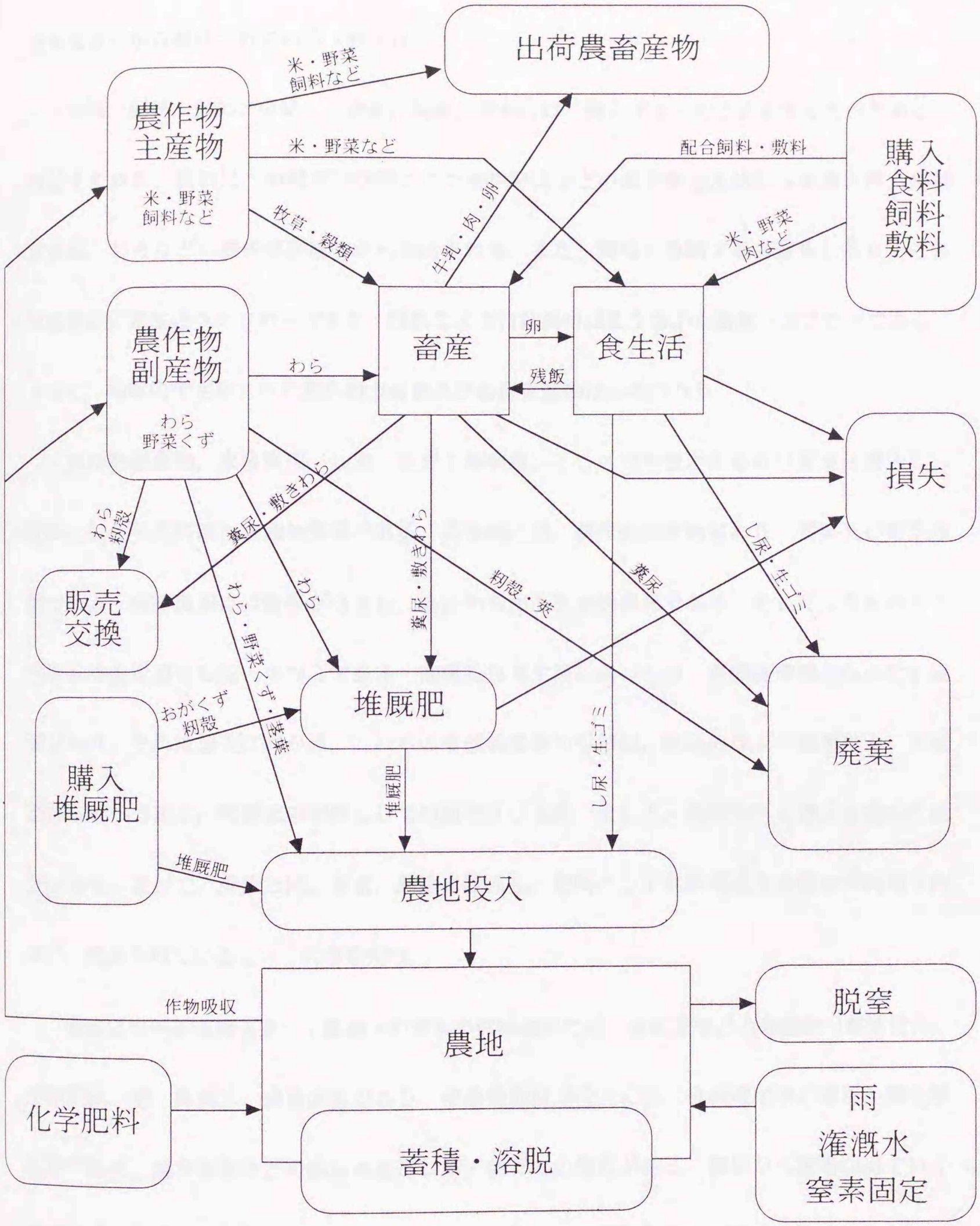


図3.1　農村地域における窒素フローのモデル

□ 現存量　○ フロー量

窒素収支」から構成されている（図 3.1）．

「食料，飼料，敷料の供給」：食料，飼料，敷料には，購入するものと自給するものがある．自給する食料，飼料は，地域内で生産された米や野菜などの農作物主産物から供給され，自給敷料は，わらなどの農作物副産物から供給される．また，卵など自給する畜産物もあり，それは畜産から食生活へのフローであり，残飯などの自給飼料は食生活から畜産へのフローである．さらに，地域内で生産された農作物主産物及び畜産生産物は出荷される．

「農作物副産物，家畜糞尿，し尿・生ゴミの利用」：ここで対象とするのは農地に投入し，肥料として利用可能な有機物資源である．具体的には，農作物副産物はわら，茎葉及び野菜残渣である．家畜糞尿には敷料が含まれ，畜産から出る有機物資源である．そして，食生活から出る有機物資源がし尿と生ゴミである．畜産及び食生活においては，有機物資源とならない窒素があり，それは損失に向かう．これらの有機物資源の処理は，鋤込みなどの農地投入，自家製堆厩肥への加工，堆厩肥の材料としての販売及び交換，そして，処理場への搬入も含めた廃棄がある．従って，廃棄とは，本来，農地に投入し，肥料として利用可能な有機物が利用されずに，廃棄されているという内容を持つ．

「農地における窒素収支」：農地への窒素の供給過程には，堆厩肥などの有機物の農地投入，化学肥料，雨，潅漑水，窒素固定がある．有機物の農地投入には，自給堆厩肥の施用，購入堆厩肥の施用，藁や茎葉などの鋤込み及びし尿・生ゴミの施用がある．農地から窒素が出ていく過程には，作物による吸収と脱窒がある．また，農地に蓄積したり，溶脱により農地から流出する過程もあるが，本モデルでは異なる概念で扱った．それは，農地に残存した窒素，すなわち，農地への窒素供給量から収奪量を差し引いた窒素量が，農地に蓄積するか，もしくは，溶

脱するものと仮定したのである．すなわち，蓄積・溶脱の窒素は，農地に余った窒素，農地に過剰に供給された窒素であり，農地から流出し，環境を汚染するポテンシャルを持つ窒素といえる．

3.2 窒素フローの計算方法

本節では，前節で示したモデルに従い，窒素フロー量を見積もる方法を示す．本窒素フローは，統計資料，調査資料および研究成果のデータをもとに見積もる．

本研究では，具体的な対象地域を選定し，その地域における窒素フローを見積もった．その見積もり過程で得られる具体的な数値を巻末の附表に示した．窒素フローの計算方法の具体例として参考にすることができる．

また，それに使用した資料を附表 1 に示した．引用文献とは別に整理したため，窒素フローを求める際に必要な資料を揃える上で役に立つ．

3.2.1 農作物主産物生産量

農作物主産物の生産量は農林水産統計から求める．市町村を対象とする場合は，都道府県ごとの「農林水産統計年報」を，都道府県を対象とする場合は，農林水産省の「農林水産統計年報」を用いる．「農林水産統計年報」には各市町村もしくは各都道府県における農作物ごとの作付面積と収穫量が記載されている．各農作物の収穫量に各農作物の窒素含有率を掛けて，農作物ごとの主産物に含まれる窒素量を求める．そして，全ての農作物主産物における窒素量を

表3.1　農作物主産物の窒素量の計算方法

農作物主産物の窒素量＝各作物の収穫窒素量の合計

収穫窒素量＝収穫量×窒素率

計算例

作物	収穫量	窒素率	収穫窒素量
	t	%	t N
水稲	2,980	1.244	37.062
陸稲	15	1.244	0.187
小麦	110	1.801	1.981
六条大麦	43	1.801	0.774
かんしょ	152	0.320	0.486
ばれいしょ	185	0.192	0.355
大豆	33	6.182	2.040
小豆	12	3.248	0.390
だいこん	389	0.128	0.498
ごぼう	51	0.448	0.228
はくさい	216	0.176	0.380
キャベツ	447	0.224	1.001
ほうれんそう	150	0.528	0.792
ねぎ	388	0.176	0.683
なす	167	0.176	0.294
トマト	261	0.112	0.292
きゅうり	634	0.160	1.014
かぼちゃ	29	0.208	0.060
露地メロン	46	0.112	0.052
さといも	57	0.416	0.237
たまねぎ	48	0.160	0.077
レタス	86	0.160	0.138
りんご	13	0.432	0.056
ぶどう	15	0.080	0.012
かき	21	0.064	0.013
茶	14	1.375	0.193
まめ科の牧草	94	0.560	0.526
いね科の牧草	1,010	0.320	3.232
まぜまき牧草	165	0.480	0.792
ソルゴー	365	0.288	1.051
合計			54.898

収穫量は農林水産統計年報に記載されている.

窒素率は食品成分表および飼料成分表から求めた.

合計することで，対象地域における農作物主産物の窒素量を求める（表 3.1，附表 3，附表 4）．

農作物ごとの窒素含有率は「日本食品標準成分表」および「日本標準飼料成分表」より求める．葉たばこの窒素含有率は「煙草の栽培」より求め，桑の窒素含有率は「農学大事典」から求めた．

対象地域が市町村と一致しない場合，例えば集水域を対象とした場合は，集水域内の集落を地図より明らかにし，該当する集落の「農業センサス集落カード」のデータを用いる（附表 2）．ちなみに，農林水産統計年報は毎年発行されているが，農業センサスは 5 年ごとのデータしかない（1980 年や 1990 年のように下一桁が 0 の年は世界農林業センサス，1985 年や 1995 年のように下一桁が 5 の年は農業センサスとなる）．

表3.2　農業センサス集落カードのデータを基にした場合の農作物主産物生産量の計算方法

対象地域における農作物主産物の窒素生産量＝対象地域における作物種類ごとの窒素生産量の合計

計算例

作物種類	対象地域の作付面積 ha	作物種類別単位収量 kg N/ha	対象地域における作物種類ごとの窒素生産量 t N
稲類	1,288	53	67.816
麦類	580	62	35.728
雑穀	1	17	0.017
いも類	35	59	2.079
豆類	178	155	27.666
工芸農作物	1	82	0.082
野菜類	132	60	7.891
飼料用作物	50	216	10.804
果樹	95	9	0.870
茶	10	18	0.177
合計			153.130

対象地域の作付面積＝集落カードに記載されている作物種類ごとの作付面積の合計
対象地域における作物種類ごとの窒素生産量＝対象地域の作付面積×作物種類別単位収量

表3.2のつづき

作物種類別の単位収量の計算

		作付面積	収穫量	窒素率	収穫窒素量	種類別単位収量
		ha	t	%	t N	kg N/ha
稲類	稲	671	2,840	1.244	35.33	53
麦類	麦	69	236	1.801	4.25	62
雑穀	そば	1	1	1.712	0.02	17
いも類	かんしょ	114	2,280	0.320	7.30	59
	ばれいしょ	25	500	0.192	0.96	
豆類	大豆	4	6	6.182	0.37	155
	小豆	6	5	3.248	0.16	
	いんげんまめ	9	76	3.184	2.42	
工芸農作物	らっかせい	348	612	4.652	28.47	82
野菜類	だいこん	162	6,670	0.128	8.54	60
	かぶ	4	108	0.272	0.29	
	にんじん	10	228	0.192	0.44	
	ごぼう	28	560	0.488	2.73	
	はくさい	118	6,610	0.176	11.63	
	キャベツ	15	470	0.224	1.05	
	ほうれんそう	25	250	0.528	1.32	
	ねぎ	18	384	0.176	0.68	
	なす	11	212	0.176	0.37	
	トマト	13	630	0.112	0.71	
	きゅうり	19	724	0.160	1.16	
	かぼちゃ	5	74	0.208	0.15	
	ピーマン	1	20	0.144	0.03	
	すいか	158	6,790	0.112	7.60	
	露地メロン	35	883	0.112	0.99	
	未成熟とうもろこ	42	462	0.528	2.44	
	さといも	36	432	0.416	1.80	
	やまのいも	3	60	0.352	0.21	
	たまねぎ	1	22	0.160	0.04	
	レタス	7	150	0.160	0.24	
	カリフラワー	6	84	0.528	0.44	
飼料用作物	ソルゴー	7	518	0.288	1.49	216
	牧草まぜまき	3	168	0.480	0.81	
	家畜用ビート	1	41	0.192	0.08	
	飼料用かぶ	15	735	0.192	1.41	
	青刈とうもろこし	38	2,200	0.208	4.58	
	牧草いね科	32	1,820	0.320	5.82	
果樹	ぶどう	6	50	0.080	0.04	9
	日本なし	15	394	0.048	0.19	
	うめ	5	8	0.112	0.01	
	かき	6	43	0.064	0.03	
	くり	81	84	0.432	0.36	
茶	茶	7	9	1.375	0.12	18

作付面積および収穫量＝対象地域に属する市町村における作付面積および収穫量の合計

収穫窒素量＝収穫量×窒素率

作物種類αの単位収量＝作物種類αにおける収穫窒素量の合計／作物種類αの作付面積の合計

「農業センサス集落カード」には，農作物ごとの収穫量が記載されておらず，作物種類別収穫面積をもとに推定する．この推定は３段階の行程で行う．まず，対象地域がまたがる市町村の農作物の作付面積および収穫量を「農林水産統計年報」から求める．農作物の収穫量は農作物ごとに窒素含有率を掛けて窒素量に換算する．次に，作物種類別に単位面積当たりの収穫物の窒素量を求める．具体的には，作物種類ごとに，収穫物の窒素量の合計を作付面積の合計で割り，作物種類別の単位面積当たり収穫窒素量を求める．これは市町村ごとに分けて行う．最後に，集落ごとの作物種類別の収穫面積に，集落の市町村の単位面積当たり収穫窒素量を掛けて，それらを集落および作物種類で積算して，対象地域で生産される農作物主産物に含まれる窒素量を求める（表 3.2）．

花き類・花木・芝は地域により主流となる作物が異なる．本研究で，事例対象とした茨城県では，芝がほとんどを占めており，芝の主産物及び副産物の生産量の計算方法を示す（表 3.3）．

表 3.3　芝の主産物及び副産物生産量の計算方法．

芝の主産物生産量＝ソッドの乾燥重量×ソッドの窒素含有率
＝773.3 kg/10a×2.48 %
＝19.18 kgN/10a
芝の副産物生産量＝刈り込まれた乾草の量×乾草の窒素含有率
＝106.2 kg/10a×2.48 %
＝2.63 kgN/10a
ソッドの乾燥重量＝773.3 kg/10a（芝草と芝地）
刈り込まれた乾草の量＝106.2 kg/10a（芝草と芝地）
ソッドの窒素含有率＝2.48 %（乾草の窒素含有率と同じと見なした）
乾草の窒素含有率＝2.48 %（日本標準飼料成分表に掲載されているイネ科の牧草の窒素含有率を引用した）

注）ソッドとは，芝草及び根で満たされている土壌の表層のことであり，これを切り取り，出荷する．

種苗・苗木類は，主に野菜の種苗と考え，その計算方法を表 3.4 に示した．「蔬菜園芸ハンドブック」の育苗に関するデータ及び対象地域における作物の作付面積から，種苗・苗木類の単位面積当たりの生産量を算出する．さらに，種苗・苗木の面積を掛けて，種苗・苗木類の主産物生産量を求めた．

表3.4　種苗・苗木類の主産物生産量の計算方法

E：作物別単位面積当たり生産量（kg/10a）＝A(本/10a) x B(回) x C(g/本)/1000 x D(%)/100

F：単位面積当たり主産物生産量＝タマネギからイチゴまでの作物別生産量の合計

I：種苗・苗木類の主産物生産窒素量＝F(kg/10a)/1000 x G(%)/100 x H(ha)x10

計算例

作物	定植数 (A) 本/10a	収穫回数 (B) 回	苗の大きさ (C) g/本	作付面積 ha	面積比率 (D) %	生産量 (E) kg/10a
タマネギ	26,500	2	9.0	13	2.1	10.07
ネギ	22,500	2	2.5	124	20.1	22.65
キャベツ	2,500	4	6.5	45	7.3	4.75
ハクサイ	3,250	1	5.5	335	54.4	9.72
レタス	9,000	2	6.5	28	4.5	5.32
カボチャ	760	1	5.5	20	3.2	0.14
トマト	3,150	2	8.0	39	6.3	3.19
エンドウ	2,200	1	2.5	8	1.3	0.07
イチゴ	6,500	2	5.0	4	0.6	0.42
	単位面積当たり主産物生産量（F）					56.32 kg/10a
	蔬菜の窒素含有率（G）					3.79 %
	単位面積当たり主産物生産窒素量					2.13 kgN/10a
	種苗・苗木類の収穫面積（H）					2,171 ha
	種苗・苗木類の主産物生産窒素量（I）					46.3 tN

作付面積：農林水産統計年報

定植数，収穫回数，苗の大きさ：秋谷良三編著．1974．蔬菜園芸ハンドブック

桑の主産物は桑の葉である．これは，単位当たりの繭の収量を得るために必要な桑の葉の量から求める．それ以外の葉は収穫されないと考えた．この計算方法を表 3.5 に示した．表 3.5 に

表 3.5　桑の主産物生産量，副産物生産量，桑の葉の自給量と購入量及び繭生産量の計算方法．

桑の主産物生産量＝桑の葉の必要量×収繭量×桑の葉の乾物率×桑の葉の窒素含有率
＝20 kg 葉/kg 繭×84.5 kg 繭/10a 桑園×20 %×4.08 %
＝13.79 kgN 葉/10a 桑園

桑の副産物生産量＝桑の枝の刈り取り量×収繭量×桑の枝の乾物率×桑の枝の窒素含有率
＝20 kg 枝/kg 繭×84.5 kg 繭/10a 桑園×40 %×0.2 %
＝13.52 kgN 枝/10a 桑園

桑の葉の自給量＝桑の主産物生産量－桑の葉の購入量
＝13.79 kgN 葉/10a 桑園－0.66kgN 葉/10a 桑園
＝13.13 kgN 葉/10a 桑園

桑の葉の購入量＝買桑量×桑の葉の乾物率×桑の葉の窒素含有率
＝80.5 kg 葉/10a 桑園×20 %×4.08 %
＝0.66 kgN 葉/10a 桑園

繭生産量＝収繭量×繭の窒素含有率
＝84.5 kg 繭/10a 桑園×4 %
＝3.38 kgN 繭/10a 桑園

桑の葉の必要量＝20 kg 葉/kg 繭（バイオマス資源のエネルギー的総合利用に関する調査）
桑の枝の刈り取り量＝20 kg 枝/kg 繭（バイオマス資源のエネルギー的総合利用に関する調査）
買桑量＝80.5 kg 葉/10a 桑園（繭生産費調査報告）
収繭量＝84.5 kg 繭/10a 桑園（繭生産費調査報告）
桑の葉の乾物率＝20 %（バイオマス資源のエネルギー的総合利用に関する調査）
桑の枝の乾物率＝40 %（バイオマス資源のエネルギー的総合利用に関する調査）
桑の葉の窒素含有率＝4.08 %（農学大事典）
桑の枝の窒素含有率＝0.2 %（樹木の枝と同じと見なした）
繭の窒素含有率＝4 %（桑の葉および肉の窒素含有率を参考にした）

注）桑の枝の刈り取り量：桑の葉を収穫は，枝と共に刈り取り，蚕小屋まで持ってくる．葉は蚕に与えられ，枝は捨てられる．

は，主産物生産量の他に，副産物生産量，桑の葉の自給量及び購入量，そして，繭生産量の計算方法も記載してある．

放牧地がある地域では，放牧地における牧草生産量と家畜に食べられた量を関係資料から求める．そして，家畜に食べられた量を農作物主産物生産量とし，残った量を農作物副産物生産量とする．７章で窒素フローを明らかにする山間地域の茨城県里美村では放牧地で牛が飼育されており，茨城県畜産試験場山間地支場における研究成果を用い，放牧地における牧草生産量と牛に食べられた量を求めた（表 3.6）．

表 3.6　放牧地における主産物および副産物の生産量の計算方法

放牧地の主産物生産量＝放牧地において牛 1 頭当たりが食べる牧草の量×放牧地における飼育頭数×牧草の窒素含有率

［計算例］　＝2379 kgDM/頭×200 頭×2.08 %

＝9.90 tN

放牧地の副産物生産量＝放牧地における牧草の単位生産量×放牧地の面積×牧草の窒素含有率－放牧地の主産物生産量

［計算例］　＝9880 kgDM/ha×345 ha×2.08 %－9.90 tN

＝61.00 tN

計算例のデータ

放牧地において牛 1 頭当たりが食べる牧草の量＝2379 kgDM/頭

放牧地における牧草の単位生産量＝9880 kgDM/ha

放牧地の面積＝345 ha

牧草地における飼育頭数＝200 頭

牧草の窒素含有率＝2.08 %

「農作物主産物」→「農畜産物出荷」の窒素量は，農作物主産物から自給食料のうちの農作物の量と飼料自給量を差し引いた量である．農畜産物出荷は農作物主産物→農畜産物出荷と畜産→農畜産物出荷の合計である．食料，飼料，敷料購入は食料購入量，飼料購入量，敷料購入量の合計である．

3.2.2 農作物副産物生産量およびその処理

農作物副産物の生産量は主産物生産量に対する副産物生産量の比を用いて求める．この比率は「バイオマス資源のエネルギー的総合利用に関する調査」に記載されている．具体的には，茨城農林水産統計年報に記載されている収穫量に副産物生産の比率を掛けて，さらに，窒素含有率を掛けて，農作物副産物の生産量を求める（表 3.7，附表 2，附表 3，附表 4）．

ただし，果樹及び茶の農作物副産物生産量は「バイオマス資源のエネルギー的総合利用に関する調査」に記載されている値に，窒素含有率を掛けて求めた．いずれも，農地内に放置されるため，農地へ投入されるものとして扱う．桑および放牧地における副産物生産量の推定方法は，それぞれ表 3.5 及び表 3.6 に記載してある．本研究で対象事例とした茨城県では，花き類・花木・芝のうち，ほとんどが芝で占められる．そのため，ここでは，芝の副産物生産量を計算する（表 3.3）．芝の副産物は，刈り込まれた乾草のことであり，これは焼却されるため，廃棄されるものとして扱う．種苗・苗木類の副産物は生産されないものとした．

農作物副産物のほとんどは農地に残され，鋤込みされる．しかし，籾殻，ピーナッツの茎葉及び莢殻，桑の枝および芝の刈り取り部は焼却されることが多く，廃棄されるものとした．そして，鋤込みされる窒素の合計と廃棄される窒素の合計を求める．ここで，稲藁と籾殻はより

表3.7　農作物副産物の窒素量の計算方法

農作物副産物の窒素量＝還元副産物の窒素量＋廃棄副産物の窒素量

注）　農作物副産物の農地投入や廃棄などの処理量は表3.17で計算する．

還元副産物の窒素量＝Σ（作物 i の収穫量×作物 i の還元副産物比×作物 i の還元副産物の窒素率）

廃棄副産物の窒素量＝Σ（作物 i の収穫量×作物 i の廃棄副産物比×作物 i の廃棄副産物の窒素率）

還元副産物：農地に還元される農作物副産物．稲藁，麦藁，豆・芋・野菜などの茎葉，刈り株および根．

廃棄副産物：農地に還元されない農作物副産物．籾殻，落花生の茎葉など．

副産物比：主産物生産量に対する副産物生産割合．稲の場合，主産物は米であり，還元副産物は稲藁，根であり，廃棄副産物は籾殻である．還元副産物比は（稲藁の重量＋根の重量）／米の重量で求められる．廃棄副産物比は籾殻の重量／米の重量で求められる．

計算例

農作物	収穫量	副産物比		窒素率（%）		副産物の窒素量（tN）	
	(t)	還元副産物	廃棄副産物	還元副産物	廃棄副産物	還元副産物	廃棄副産物
稲	32,450	1.428	0.171	0.688	0.448	318.81	24.86
麦類	6,478	1.388	0	0.368	—	33.09	—
そば	23	1.058	0	0.912	—	0.22	—
かんしょ	3,736	0.426	0	0.272	—	4.33	—
ばれいしょ	3,192	0.212	0	0.352	—	2.38	—
大豆	80	1.396	0	1.088	—	1.22	—
小豆	22	0.894	0	0.976	—	0.19	—
さやいんげん	232	0.600	0	1.008	—	1.40	—
らっかせい	2,787	0.000	0.941	—	0.544	—	14.27
葉たばこ	213	1.000	0	2.810	—	5.99	—
だいこん	11,467	0.631	0	0.320	—	23.15	—
にんじん	3,216	0.553	0	0.480	—	8.54	—
ごぼう	1,149	1.217	0	0.480	—	6.71	—
はくさい	19,356	0.534	0	0.400	—	41.34	—
キャベツ	1,553	0.672	0	0.272	—	2.84	—
ほうれんそう	895	0.200	0	0.528	—	0.95	—
ねぎ	2,169	0.200	0	0.176	—	0.76	—
なす	1,749	0.491	0	0.400	—	3.44	—
トマト	4,476	0.588	0	0.400	—	10.53	—
きゅうり	2,305	0.620	0	0.400	—	5.72	—
すいか	19,528	0.600	0	0.400	—	46.87	—
露地メロン	3,695	0.600	0	0.400	—	8.87	—
未成熟とうもろこし	1,657	1.200	0	0.352	—	7.00	—
さといも	1,521	0.608	0	0.320	—	2.96	—
ソルゴー	2,691	0.444	0	0.288	—	3.44	—
牧草まぜまき	1,548	0.444	0	0.480	—	3.30	—
家畜用ビート	203	0.444	0	0.192	—	0.17	—
飼料用かぶ	1,939	0.444	0	0.192	—	1.65	—
青刈とうもろこし	6,145	0.444	0	0.208	—	5.68	—
牧草いね科	5,276	0.444	0	0.320	—	7.50	—
茶	86	0.040	0	1.375	—	0.05	—
合計						559.08	39.13
農作物副産物の窒素量		394.56＋39.13＝433.69 tN					

多様な利用がされており，それぞれの利用窒素量を求める必要がある．これについては 3.2.6 節で詳しく述べる

3.2.3 食生活を経由する窒素量（附表 5）

食生活の現存量は人間の体の窒素量であり，人口に 1 人当たりの窒素量を乗じて求める．人間の体重を 50 kg，その窒素含有率を 2.5 %（人間の栄養学）と仮定すると，1 人当たりの窒素量は 1.25 kg N となる（表 3.8）．

表3.8　食生活の現存量の計算方法

食生活の現存量＝人間の体の窒素量	
	＝人間の体重×人間の体の窒素含有率×人口
基礎データ	人間の体重＝50 kg
	人間の体の窒素含有率＝2.5 %
計算例	人口10,000人の地域における食生活の現存量
	＝50 kg×2.5 %×10,000人
	＝12.5 tN

食料消費の窒素量は「農家生計費統計」から推定する．「農家生計費統計」には，農家 1 戸当たりの食料自給量及び購入量が金額及び重量で示されている．また，平均世帯人数も記載されている．この食料の自給量及び購入量を，平均世帯人数で割り，各食料の窒素含有率を掛けて，1 人当たりの食料自給量及び購入量の窒素量を求める（表 3.9，附表 6）．窒素含有率は「日本食品標準成分表」から求める．

表3.9 食料消費量の計算方法

食料自給量[農作物主産物→食生活]	＝農家人口×1人当たりの食料[農作物]自給量
食料自給量[畜産→食生活]	＝農家人口×1人当たりの食料[畜産物]自給量
食料購入量[購入食料飼料敷料→食生活]	＝農家人口×1人当たりの食料購入量
	＋非農家人口×非農家の1人当たりの食料消費量
非農家の1人当たりの食料消費量	＝1人当たりの食料購入量＋1人当たりの食料［農作物］
	自給量＋1人当たりの食料[畜産物]自給量

農家人口26,000人，非農家人口58,000人の平地農村，1985年の計算例

	農家の1人当たりの消費量	農家人口	非農家の1人当たりの消費量	非農家人口	地域全体の食料消費量
	kgN/人	人	kgN/人	人	tN
食料自給量[農作物主産物→食生活]	1.480	26,000	—	—	38
食料自給量[畜産→食生活]	0.027	26,000	—	—	1
食料購入量[購入食料飼料敷料→食生活]	3.023	26,000	4.531	58,000	341

1人当たりの食料消費量，1985年

	平地農村	都市農村	山間農村	
食料自給量(農作物)	1.480	1.306	1.642	kgN/人
食料自給量(畜産物)	0.027	0.021	0.039	kgN/人
食料購入量	3.023	2.886	3.023	kgN/人

詳しい計算は附表5，附表6，附表7に記載してある．

ここで，1980 年の「農家生計費統計」には，全ての食料で消費重量が記載されていたが，1985 年の統計には，金額しか記載されていない食料があった．そこで，重量当たりの金額から，食料消費量を推定することにした（表 3.10）．重量当たりの金額は 1980 年の統計から求めることができる．しかし，食料の購入価格は 5 年間に上昇しており，それを「農村物価賃金統計」

表3.10　食料購入費および自給費から食料購入量および自給量を求める方法

1985年の農家生計費統計には食料購入および自給の費用のみが記載され，量の記載がない食品がある．そこで，食料品の価格をもとに，食料購入・自給費を食料購入・自給量に換算する．

1）① 食料購入費を食料購入量に換算するには，食料品の購入価格をもとに計算する．
② 食料品の購入価格は農村物価賃金統計に記載されており，具体的には，食料品の重量・容量と価格が記載されている．
③ 食料購入量は下の計算式で求める．

食料購入量＝食料購入費×食料品の重量／食料品の価格

注）食料品の容量は重量に換算する．

［計算例］ 豚肉の購入費＝6.750円
豚肉の購入価格＝100 g当たり90円
豚肉の購入量＝6.750円×100g／90円
＝7.5 kg

2）① 食料自給費を食料自給量に換算するには，農家の自家消費量とその価格をもとに計算する．
② 農家の自家消費量とその価格は物財統計に家計消費として記載されている．
③ 食料自給量は下の計算式で求めることができる．

食料自給量＝食料自給費×家計消費数量／家計消費価格

［計算例］ 大豆の自給費＝600円
大豆の家計消費数量および価格＝1500 g，300円
大豆の自給量＝600円×1500g／300円
＝3.0 kg

から求めた．そして，補正された重量当たりの金額より，食料消費量を求めた．ただし，これは，購入食料についてである．自給食料の価格の変動は「物財統計」より求め，1985 年における自給食料の重量当たりの金額を推定し，自給食料の消費量を求める．

表3.10のつづき

3) ① 農村物価賃金統計および物財統計に記載されていない食品の購入・自給の重量当たりの価格を求めるには，次の方法を用いる．

② 1980年の農家生計費統計には，全ての食品において，量と価格が記載されており，これをもとに1980年時点における重量当たりの価格を求める．

③ 1980年から1985年にかけての物価の上昇率をもとに，1985年時点における各食品の重量当たりの価格を求める．

④ 様々な食品における価格の上昇率は農村物価賃金統計に記載されている．

⑤ 1985年時点の重量当たりの価格をもとに，食料購入量および自給量を求める．

⑥ 具体的な計算は下記の通りである．

食料購入量＝食料購入費／購入食料の1985年時点における重量当たりの価格

購入食料の1985年時点における重量当たりの価格＝購入食料の1980年時点における重量当たりの価格×食料品の物価上昇率

［計算例］ 冷凍食品の購入費＝10,080円

1980年時点における冷凍食品の購入価格＝500g，800円

1980年から1985年にかけての魚介類の物価上昇率＝1.05

冷凍食品の購入量＝10,080円×500g／800円／1.05

＝6.0 kg

食料自給量＝食料自給費／自給食料の1985年時点における重量当たりの価格

自給食料の1985年時点における重量当たりの価格＝自給食料の1980年時点における重量当たりの価格×食料品の物価上昇率

［計算例］ こんにゃくの自給費＝357円

1980年時点におけるこんにゃくの自給価格＝1kg，50円

1980年から1985年にかけての農作物の物価上昇率＝1.02

こんにゃくの自給量＝357円×1kg／50円／1.02

＝7.0 kg

食生活から農地に投入し，肥料として利用可能な有機物資源はし尿及び生ゴミである．このし尿及び生ゴミの１人当たりの排出窒素量は「河川汚濁のモデル解析」から求めた（表3.11）．ここで，残飯は家畜の自給飼料として利用されており，その量は「畜産物生産費調査報告」より求めることができる．残飯の窒素含有率は「日本食品標準成分表」から求める．

し尿及び生ゴミの農地投入率は「モデル農村地区における有機物循環の実態の解明とその評価」から求めた（表3.11）．

「食生活」→「損失」の窒素フロー量は食料消費量（食料自給量と購入量の合計）からし尿及び生ゴミの排出量を差し引いた量である．

表3.11　し尿および生ゴミの排出量および農地投入率

し尿の１人当たりの排出量	3.7 kgN/人
生ゴミの１人当たりの排出量	0.4 kgN/人
し尿の農地投入率	30 %
生ゴミの農地投入率	50 %

し尿および生ゴミが農地に投入されるのは農家に限定される．
し尿および生ゴミの排出量は「河川汚濁のモデル解析」から求めた．
し尿および生ゴミの農地投入率は「モデル農村地区における有機物循環の実態の解明とその評価」から求めた．

計算例

農家人口5,000人，非農家人口10,000人

し尿・生ゴミの農地投入量＝（3.7kgN×30%＋0.4kgN×50%）×5,000人
＝6.55 t N

し尿・生ゴミの廃棄量＝（3.7kgN×70%＋0.4kgN×50%）×5,000人
＋（3.7kgN＋0.4kgN）×10,000人
＝54.95 tN

3.2.4 畜産を経由する窒素量（附表 7）

畜産の現存量は家畜の体の窒素量であり，飼養頭数に 1 頭羽当たりの体重を掛け，さらに，窒素含有率を掛けて算出する（表 3.12）．家畜の体重は「家畜排せつ物の処理・利用の手引き」より，家畜の窒素含有率は「家畜栄養学」より求めた．ここで，ブロイラーは飼育羽数の記載がなく，出荷羽数で記載してある．飼育羽数は出荷羽数を出荷回数で割って求める．この出荷回数とは，365 日を飼育日数で割った値である．

表3.12 畜産の現存量の計算方法

畜産の現存量とは家畜の体の窒素量である．

畜産の現存量＝乳用牛からブロイラーまでの家畜別総窒素量の合計

家畜別の総窒素量＝飼養頭羽数×１頭羽当りの窒素量

１頭羽当たりの窒素量＝１頭羽当りの体重×家畜の体の窒素率／100

計算例

	乳用牛	肉用牛	豚	採卵鶏	ﾌﾞﾛｲﾗｰ	
飼養頭羽数	355	566	11,436	7,297	19,349	頭羽
１頭羽当りの体重	530	450	60	1.6	1.3	kg/頭羽
家畜の体の窒素率	3.00	2.70	2.35	3.20	3.20	%
１頭羽当りの窒素量	15.900	12.150	1.410	0.051	0.042	kgN/頭羽
家畜別の総窒素量	5,645	6,877	16,125	374	805	kgN
畜産の現存量					29,825	kgN

１頭羽当たりの体重は，乳牛，採卵鶏は家畜排せつ物の処理・利用の手引きより，肉牛，豚，ブロイラーは畜産物生産費調査報告より引用した．

家畜の体の窒素率は家畜栄養学より引用した．

飼料，敷料の購入量及び自給量は「畜産物生産費調査報告」に記載してある．それに家畜の飼養頭羽数を掛け，さらに，各種飼料，敷料の窒素含有率を掛けて，飼料，敷料の購入窒素量

表3.13　飼料・敷料の購入・自給量の計算方法

購入食料飼料敷料→畜産の窒素フロー量＝飼料購入量＋敷料購入量
農作物主産物→畜産の窒素フロー量＝飼料自給量－自給飼料のうちの稲藁の量
農作物副産物→畜産の窒素フロー量＝敷料自給量＋自給飼料のうちの稲藁の量
食生活→畜産の窒素フロー量＝自給飼料のうちの残飯の量

飼料購入量＝Σ（家畜ｉの1頭羽当たりの飼料購入窒素量×家畜ｉの飼養頭羽数）
飼料自給量＝Σ（家畜ｉの1頭羽当たりの飼料自給窒素量×家畜ｉの飼養頭羽数）
敷料購入量＝Σ（家畜ｉの1頭羽当たりの敷料購入窒素量×家畜ｉの飼養頭羽数）
敷料自給量＝Σ（家畜ｉの1頭羽当たりの敷料自給窒素量×家畜ｉの飼養頭羽数）
自給飼料のうちの農作物副産物の量＝Σ（家畜ｉの1頭当たり自給飼料のうちの農作物副産物の窒素量×家畜ｉの飼養頭羽数）
自給飼料のうちの残飯の量＝Σ（家畜ｉの1頭当たり自給飼料のうちの残飯の窒素量×家畜ｉの飼養頭羽数）

飼料・敷料の購入・自給量の計算例

	乳牛	肉牛	豚	採卵鶏	ﾌﾞﾛｲﾗｰ	
飼養頭羽数	355	566	11,436	7,297	19,349	頭羽
1頭羽当たりの飼料購入量	94.749	67.275	18.615	1.3499	1.2769	kgN/頭羽
自給量	25.732	10.447	0.002	0.0000	0.0000	kgN/頭羽
敷料購入量	0.544	2.701	0.090	0.0000	0.0000	kgN/頭羽
自給量	0.116	1.131	0.069	0.0000	0.0000	kgN/頭羽
1頭当たり農副の自飼量*1	0.394	2.340	0.000	0.0000	0.0000	kgN/頭羽
1頭当たり残飯の自飼量*2	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0000	kgN/頭羽
飼料購入量	33.64	38.08	212.88	9.85	24.71	tN
自給量	9.14	5.91	0.03	0.00	0.00	tN
敷料購入量	0.19	1.53	1.03	0.00	0.00	tN
自給量	0.04	0.64	0.79	0.00	0.00	tN
自飼のうちの農副の量*3	0.14	1.32	0.00	0.00	0.00	tN
自飼のうちの残飯の量*4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	tN
購入食料飼料敷料→畜産	33.83	39.61	213.91	9.85	24.71	tN
農作物主産物→畜産	9.00	4.59	0.03	0.00	0.00	tN
農作物副産物→畜産	0.18	1.96	0.79	0.00	0.00	tN
食生活→畜産	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	tN
合計		購入食料飼料敷料→畜産			321.90	tN
		農作物主産物→畜産			13.61	tN
		農作物副産物→畜産			2.94	tN
		食生活→畜産			0.00	tN

1頭羽当たりの飼料・敷料の購入・自給量および自給稲藁飼料量の計算は附表6を参照.
*1 1頭当たりの自給飼料のうちの農作物副産物の量（附表6より引用）
*2 1頭羽当たりの自給飼料のうちの残飯の量（附表6より引用）
*3 自給飼料のうちの農作物副産物の量
*4 自給飼料のうちの残飯の量

および自給窒素量を求める（表 3.13，附表 8）．飼料，敷料の窒素含有率は「日本標準飼料成分表」から求めた．

放牧地で牛が飼育されている場合，放牧地で牛が食べた牧草量は自給飼料とみなせる．これにより，飼料の購入量を減らすことができると考えた．そこで，先に求めた飼料の自給量に，放牧地で牛が食べた牧草量を加えた．一方，飼料の購入量から放牧地で牛が食べた牧草量を差し引いた．

畜産物の生産量は「畜産物生産費調査報告」に記載してある．それに家畜の飼養頭羽数を掛け，さらに，畜産生産物の窒素含有率を掛けて，畜産生産物の窒素量を求める（表 3.14）．畜産生産物の窒素含有率は「日本食品標準成分表」より求める．畜産生産物のうち，一部は自給食料として，食生活に供給される．この食生活へ自給される畜産物の量は「農家生計費統計」に記載されている．そして，畜産生産物の量から食生活へ自給される畜産物の量を引いた量が出荷される．

表3.14　畜産生産物の窒素量の計算方法

畜産生産物の窒素量＝Σ（家畜 i の畜産物生産量×家畜 i の畜産物の窒素率×家畜 i の飼養頭数）

計算例

	乳牛	肉牛	豚	採卵鶏	ブロイラー	
畜産物生産量	5,619	203.7	219.0	18.96	14.82	kgFW/頭/年
窒素率	0.455	2.500	2.000	1.968	3.000	%
1頭羽当り生産窒素量	25.54	5.092	4.380	0.3731	0.4447	kgN/頭/年
飼養頭数	355	566	11,436	7,297	19,349	頭羽
畜産生産物の窒素量	9.067	2.882	50.090	2.723	8.604	tN
合計					73.366	tN

資料：畜産物生産費調査報告，1985年

家畜糞尿の排出量は「家畜排せつ物の処理・利用の手引き」から求める．これに各家畜糞尿の窒素含有率を掛けて，家畜糞尿による排出窒素量を求める（表 3.15）．家畜糞尿の窒素含有率は「有機物の処理・流通・利用システム」から引用した．また，敷料も農地に投入し，肥料となりうる有機物資源である．そこで，家畜糞尿の窒素量に敷料の窒素量を加え，畜産からの有機物資源の窒素量とする．

表3.15 家畜糞尿による窒素排出量の計算方法

家畜糞尿の窒素排出量＝家畜ごとの糞尿窒素量の合計

家畜ごとの糞尿窒素量＝飼養頭羽数×1頭羽当たりの糞尿窒素量

1頭羽当たりの糞尿窒素量＝1頭羽当たりの糞尿排出量×糞尿の窒素率

家畜糞尿の窒素排出量の計算例

	乳牛		肉牛	豚		
	糞	尿	糞尿	糞	尿	
1頭羽当たりの糞尿排出量	13.3	6.5	15.5	0.80	1.30	tFW/頭羽
糞尿の窒素率	0.43	0.47	0.44	0.63	0.63	%
1頭羽当たりの糞尿窒素量	57.05	30.55	68.20	5.040	8.190	kgN/頭羽
飼養頭羽数	355	355	566	11,436	11,436	頭羽
家畜ごとの糞尿窒素量	20.25	10.85	38.60	57.64	93.66	tN

	採卵鶏	ﾌﾞﾛｲﾗｰ	
	糞尿	糞尿	
1頭羽当たりの糞尿排出量	0.055	0.047	tFW/頭羽
糞尿の窒素率	1.66	1.66	%
1頭羽当たりの糞尿窒素量	0.913	0.777	kgN/頭羽
飼養頭羽数	7,297	19,349	頭羽
家畜ごとの糞尿窒素量	6.66	15.03	tN

糞尿窒素量の合計	
221.00	tN

家畜糞尿（敷料を含む）は，自家製厩肥に加工されたり，厩肥の材料としての販売もしくは交換されたり，または，廃棄される．これらの処理の割合は農業構造動態調査などの資料から求めた（附表9）．この処理の割合をもとに，家畜糞尿の処理ごとの窒素量を算出する（表3.16）．ここで，乳牛と豚では，糞尿分離率が記載されているが，糞のみの処理割合と尿及び糞

表3.16　家畜糞尿の処理量の計算方法

1）厩肥に加工されるものは家畜糞尿だけでなく，敷料も加わる．

2）肉牛，採卵鶏，ブロイラーの糞尿の処理量の計算方法

① 自家製厩肥として利用される量＝（糞尿＋敷料）×飼育頭羽数×糞尿の厩肥の割合
他の地域に販売・交換される量＝（糞尿＋敷料）×飼育頭羽数×糞尿の販売の割合
廃棄される量＝（糞尿＋敷料）×飼育頭羽数×糞尿の廃棄の割合

② 糞尿の厩肥，販売，廃棄の割合は附表7に記載してある．

［計算例］ 肉牛，飼育頭数1,000頭の茨城県内の地域，1985年

自家製厩肥として利用される量＝（68.20kgN/頭＋3.83kgN/頭）×1,000頭×52.8%
＝38.03 tN

他の地域に販売・交換される量＝（68.20kgN/頭＋3.83kgN/頭）×1,000頭×41.6%
＝29.96 tN

廃棄される量＝（68.20kgN/頭＋3.83kgN/頭）×1,000頭×5.6%
＝4.03 tN

3）乳牛，豚の糞の処理量の計算方法

① 処理される糞の量＝（糞＋敷料）×糞尿分離率×飼育頭羽数

② 自家製厩肥として利用される量＝処理される糞の量×糞の厩肥の割合
他の地域に販売・交換される量＝処理される糞の量×糞の販売の割合
廃棄される量＝処理される糞の量×糞の廃棄の割合

③ 糞の厩肥，販売，廃棄の割合は附表7に記載してある．

［計算例］ 乳牛，飼育頭数1,000頭の茨城県内の地域，1985年

処理される糞の量＝（57.05kgN/頭+0.66kgN/頭）×61.2%×1,000頭
＝35.32 tN

自家製厩肥として利用される量＝35.32tN×61.8%
＝21.83 tN

他の地域に販売・交換される量＝35.32tN×32.9%
＝11.62 tN

廃棄される量＝35.32tN×5.3%
＝1.87 tN

表3.16のつづき

4）乳牛，豚の尿・糞尿の処理量の計算方法

① 処理される尿・糞尿の量＝｛（糞＋敷料）×（1－糞尿分離率）＋尿｝×飼育頭羽数

② 自家製厩肥として利用される量＝処理される尿・糞尿の量×尿・糞尿の厩肥の割合
他の地域に販売・交換される量＝処理される尿・糞尿の量×尿・糞尿の販売の割合
廃棄される量＝処理される尿・糞尿の量×尿・糞尿の廃棄の割合

③ 糞の厩肥，販売，廃棄の割合は附表7に記載してある．

［計算例］ 乳牛，飼育頭数1,000頭の茨城県内の地域，1985年

処理される尿・糞尿の量＝｛（57.05kgN/頭＋0.66kgN/頭）×（100%－61.2%）
＋30.55kg/頭｝×1,000頭
＝52.94 tN

自家製厩肥として利用される量＝52.94tN×71.9%
＝38.06 tN

他の地域に販売・交換される量＝52.94tN×14.9%
＝7.89 tN

廃棄される量＝52.94tN×13.1%
＝6.94 tN

尿混合の処理割合しか記載されていない．つまり，糞尿が分離された糞については，各処理の割合が求められるが，分離された尿と未分離の糞尿は一緒に処理されているデータとなっている．そこで，乳牛と豚については，まず，糞を糞尿分離率に従い，分離された糞と未分離の糞に分けた．そして，それぞれで各処理の割合を掛け，処理ごとの窒素量を算出した．乳牛の尿，豚の尿，肉牛の糞尿，採卵鶏の糞，ブロイラーの糞については，糞尿分離率とは関係なく，各処理の割合を掛けて，処理ごとの窒素量が算出できる．

「畜産」→「損失」は，畜産に供給される窒素の総量（飼料，敷料の総消費量）から畜産生産物の窒素量，家畜糞尿の窒素量及び敷料の窒素量を差し引いた量である．

蚕は「畜産」に含めて，窒素フローを計算する．具体的には，表 3.4 における桑の葉の自給量は「農作物主産物」→「畜産」の窒素フローに加えられ，桑の葉の購入量は「購入食料飼料敷料」→「畜産」の窒素フローに加えられる．また，繭生産量は「畜産」→「出荷農畜産物」の窒素フローに加えられる．

3.2.5 堆厩肥施用に関する窒素量

農地に施用される単位面積当たりの堆肥・厩肥の量は，農林水産省農産園芸局の「土壌管理実態調査アンケート」のデータから求めた．本アンケートでは，対象圃場に対し，どの様な作物を作付し，どの様に施肥を行ったのかなどが詳しく記載されている．対象圃場の数は全国で約 20,000 地点ある．このデータを，都道府県ごとに，地目別（水田，畑，樹園地，牧草地），堆肥・厩肥の種類別，さらに，自給なのか，他から供給されたのかの項目に分けて整理した（附表 13）．

そして，これらの項目ごとに，対象圃場の面積の合計と堆肥・厩肥の施用量の合計を算出し，さらに，単位面積当たりの堆肥・厩肥の施用量を算出した（表 3.17，附表 10）．

対象地域における堆肥・厩肥の施用量は次のようにして行う．対象地域の水田面積に水田における単位面積当たりの堆肥・厩肥の施用量を掛け，水田における堆肥・厩肥の施用量を求める．これと同様に，畑，樹園地，牧草地における堆肥・厩肥の施用量も求める．これらを合計することにより，対象地域における堆肥・厩肥の施用量が求められる．さらに，各堆肥・厩肥の施用量に，それぞれの窒素含有率を掛け，これらを合計することにより，対象地域における堆肥・厩肥の施用による窒素供給量が求められる．

表3.17　農地への有機物投入量および自家製堆厩肥を作るための材料の購入量の計算方法

1）農地への有機物投入量＝自家製堆厩肥施用量－購入堆厩肥施用量－農作物副産物の鋤込み量
＋し尿・生ゴミの農地投入量

2）自家製堆厩肥の施用量

① 自家製堆厩肥の施用量＝各種有機物の自給施用量の合計
※稲わらと麦わらの自給施用量は農作物副産物の鋤込み量にはいるため、除外する。

② 有機物Ａの自給施用量＝水田における有機物Ａの自給施用量－普通畑における有機物Ａの自給施用量－樹園地における有機物Ａの自給施用量－牧草地における有機物Ａの自給施用量

③ 農地αにおける有機物Ａの自給施用量＝農地αにおける有機物Ａの農地面積当たりの自給施用量×農地αの面積

④ 農地αにおける有機物Ａの農地面積当たりの自給施用量＝農地αにおける有機物Ａの農地面積当たりの有機物の自給施用量÷有機物Ａの窒素率

⑤ 農地αにおける有機物Ａの農地面積当たりの有機物の自給施用量＝附表8を参照

3）購入堆厩肥の施用量

① 購入堆厩肥の施用量＝各種有機物の他からの施用量の合計

② 有機物Ａの他からの施用量＝水田における有機物Ａの他からの施用量－普通畑における有機物Ａの他からの施用量＋樹園地における有機物Ａの他からの施用量－牧草地における有機物Ａの他からの施用量

③ 農地αにおける有機物Ａの他からの施用量＝農地αにおける有機物Ａの農地面積当たりの他からの施用量×農地αの面積

④ 農地αにおける有機物Ａの農地面積当たりの他からの施用量＝農地αにおける有機物Ａの農地面積当たりの有機物の他からの施用量÷有機物Ａの窒素率

⑤ 農地αにおける有機物Ａの農地面積当たりの有機物の他からの施用量＝附表10を参照

4）農作物副産物の鋤込み量

① 農作物副産物の鋤込み量＝農作物副産物の生産量－畜産へ供給される農作物副産物の量－自家製堆厩肥に加工される量－販売・交換される量－農作物副産物の廃棄量

② 農作物副産物の生産量＝表3.7参照

③ 畜産へ供給される農作物副産物の量＝表3.13の農作物副産物→畜産のフロー量

④ 自家製堆厩肥に加工される量＝堆肥の自給量＋もみがら堆肥の自給量

⑤ 販売・交換される量＝稲わらの販売・交換される量＋もみがら堆肥の他からの施用量

(1) 稲わらの販売・交換される量＝稲わら生産量－畜産で自給される稲わらの量－堆肥の自給量－稲わらの自給量

(2) 稲わら生産量＝稲わらの面積当たりの生産量×稲わらの窒素率÷稲の面積

(3) 畜産で自給される稲わらの量＝各家畜における自給飼料・自給敷料のうちの稲わら量の合計（附表6）

(4) 堆肥の自給量および稲わらの自給量＝本表3.17の堆厩肥の施用量の計算例を参照

※ 地域内の農地に施用される籾殻の他からの量と同量が販売・交換されるものとした

⑥ 農作物副産物の廃棄量＝表3.7参照

5）し尿・生ゴミの農地投入量＝表3.11参照

6）自家製堆厩肥を作るための材料（おがくず）の購入量（購入堆厩肥→堆厩肥）

① 自家製堆厩肥のための材料購入量＝おがくずバーク堆肥の自給量－おがくず牛糞・豚糞・鶏糞厩肥の自給量のうちのおがくずの量

② おがくずバーク堆肥の自給量＝附表10参照

③ おがくず牛糞・豚糞・鶏糞厩肥のうち、おがくずに由来する窒素は2%である。従って、おがくず牛糞・豚糞・鶏糞厩肥の自給量のうちのおがくずの量は次の式で求める。

＝（おがくず牛糞厩肥の自給量－おがくず豚糞厩肥の自給量－おがくず計糞厩肥の自給量）×2%

表3.17のつづき

堆厩肥の施用量の計算例								
			堆肥	もみがら堆肥	おがくずバーク堆肥	牛糞厩肥	豚糞厩肥	鶏糞厩肥
有機物	水田	自給	183.6	0.0	0.0	365.0	173.1	3.3
施用量		他から	0.0	0.0	47.1	238.4	82.4	63.3
農地当り	普通畑	自給	684.0	393.3	103.0	2,606.4	156.0	272.9
kgFW/ha		他から	0.0	0.0	57.8	1,394.5	787.5	659.1
	樹園地	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	326.8	0.0
		他から	0.0	1,568.6	0.0	0.0	683.0	0.0
	牧草地	自給	0.0	0.0	0.0	22,520.9	371.5	0.0
		他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
窒素率			0.90%	1.44%	0.80%	0.80%	1.20%	1.70%
窒素施用量	水田	自給	1.65	0.00	0.00	2.92	2.08	0.06
農地当り		他から	0.00	0.00	0.38	1.91	0.99	1.08
kgN/ha	普通畑	自給	6.16	5.66	0.82	20.85	1.87	4.64
		他から	0.00	0.00	0.46	11.16	9.45	11.20
	樹園地	自給	0.00	0.00	0.00	0.00	3.92	0.00
		他から	0.00	22.59	0.00	0.00	8.20	0.00
	牧草地	自給	0.00	0.00	0.00	180.17	4.46	0.00
		他から	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
農地面積	ha	水田	2,253	2,253	2,253	2,253	2,253	2,253
		普通畑	3,370	3,370	3,370	3,370	3,370	3,370
		樹園地	163	163	163	163	163	163
		牧草地	0	0	0	0	0	0
窒素施用量	tN	合計	24.469	22.766	5.184	118.743	47.040	55.949
地域全体		自給	24.469	19.085	2.777	76.849	11.628	15.763
		他から	0.000	3.682	2.407	41.894	35.413	40.186

堆肥・厩肥の自給量が「堆厩肥」→「農地投入」の窒素量となり，購入量が「購入堆厩肥」→「農地投入」の窒素量となる．

自家製のおがくずバーク堆肥及びおがくず厩肥を作るためには，おがくずを購入する必要がある．このおがくずの購入に伴う窒素のフローを「購入堆厩肥」→「堆厩肥」の窒素とした．おがくずバーク堆肥の窒素量は購入されるおがくずの窒素量と同量であるとした．おがくず厩肥は，その窒素量の 2 %がおがくずの窒素である（農林省畜産局，1978）．従って，「購入堆厩肥」→「堆厩肥」の窒素量は，おがくず厩肥の窒素量の 2 %とおがくずバーク堆肥の窒素量の合計とした（表 3.17，附表 12）．

表3.17のつづき

堆厩肥の施用量の計算例のつづき

			おがくず牛糞厩肥	おがくず豚糞厩肥	おがくず鶏糞厩肥	稲わら	麦わら	
有機物	水田	自給	42.4	0.0	0.0	2.288.1	83.4	
施用量		他から	29.4	0.0	0.0	17.7	0.0	
農地当り	普通畑	自給	887.5	201.4	345.2	1.0	352.5	
kgFW/ha		他から	933.5	405.6	0.0	0.0	0.0	
	樹園地	自給	2.614.4	0.0	0.0	0.0	0.0	
		他から	522.9	0.0	0.0	326.8	0.0	
	牧草地	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
窒素率			0.37%	0.51%	0.77%	0.69%	0.41%	
窒素施用量	水田	自給	0.16	0.00	0.00	15.74	0.34	
農地当り		他から	0.11	0.00	0.00	0.12	0.00	
kgN/ha	普通畑	自給	3.28	1.03	2.64	0.01	1.45	
		他から	3.45	2.07	0.00	0.00	0.00	
	樹園地	自給	9.67	0.00	0.00	0.00	0.00	
		他から	1.93	0.00	0.00	2.25	0.00	
	牧草地	自給	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		他から	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
農地面積	ha	水田	2.253	2.253	2.253	2.253	2.253	
		普通畑	3.370	3.370	3.370	3.370	3.370	
		樹園地	163	163	163	163	163	
		牧草地	0	0	0	0	0	自給堆厩肥
窒素施用量	t N	合計	25.198	10.433	8.900	36.131	5.640	の合計
地域全体		自給	12.996	3.461	8.900	35.491	5.640	175.928
		他から	12.201	6.972	0.000	0.640	0.000	143.394
								購入堆厩肥・購入稲麦わらの合計

「購入堆厩肥」の窒素量は「購入堆厩肥」→「農地投入」と「購入堆厩肥」→「堆厩肥」の窒素量の合計である.

堆厩肥の窒素量は，その熟成過程で減少していく．この減少していく窒素量は，「堆厩肥」に供給された窒素の総量から，「堆厩肥」→「農地投入」の窒素量を引いた量である．これを「堆厩肥」→「損失」の窒素量とした.

ここで，「堆厩肥」→「農地投入」の窒素量の見積もりと「畜産」→「堆厩肥」の窒素量の見積もりは，異なるデータを使い，異なる方法で行われる．「堆厩肥」→「農地投入」の窒素

表3.17のつづき

農作物副産物の鋤込み量の計算例			
農作物副産物の鋤込み量	71.75 tN	A-B-C-D-E	
農作物副産物生産量	172.72 tN	A	表3.7
畜産へ供給される農作物副産物の量	2.94 tN	B	表3.13
自家製堆厩肥に加工される量	43.55 tN	C=F+G	
販売・交換される量	37.21 tN	D=H+I	
廃棄される農作物副産物の量	17.26 tN	E	表3.7
堆肥自給量	24.47 tN	F	表3.17
もみがら堆肥自給量	19.09 tN	G	表3.17
稲わらの販売・交換される量	33.53 tN	H=J-K-F-L	
もみがら堆肥の他からの施用量	3.68 tN	I	表3.17
稲わら生産量	96.38 tN	J	*1
畜産で自給される稲わらの量	2.89 tN	K	*2
稲わらの自給量	35.49 tN	L	表3.17

*1　稲わら単位生産量5.1tFW・稲わら窒素率0.688%・稲の面積2.746ha

*2　（0.454kgN・355頭－3.419kgN・566頭－0.069kgN・11436頭）　1000

乳牛における自給飼料・自給敷料のうちの稲わら量・乳牛の飼養頭数－肉牛における自給飼料・自給敷料のうちの稲わら量・肉牛の飼養頭数－豚における自給飼料・自給敷料のうちの稲わら量・豚の飼養頭数

自家製堆厩肥を作るための材料（おがくず）の購入量（購入堆厩肥－堆厩肥）の計算例		
おがくずバーク堆肥の自給量	2.777 tN	
おがくず牛糞厩肥の自給量の2%	0.260 tN	12.966tN*2%
おがくず豚糞厩肥の自給量の2%	0.069 tN	3.461tN*2%
おがくず鶏糞厩肥の自給量の2%	0.178 tN	8.900tN*2%
合計（購入堆厩肥－堆厩肥）	3.284 tN	

量は，県ごとの，地目ごとの単位面積当たりの施用量に，対象地域の各地目面積を掛けて求める．一方，「畜産」→「堆厩肥」の窒素量は，県ごとの，家畜ごとの 1 頭当たりの糞尿利用量に，対象地域における各家畜の飼養頭数を掛けて求める．このように，「畜産」→「堆厩肥」→「農地投入」の窒素フローは，異なる方法で見積もられるため，「堆厩肥」における窒素のインプットとアウトプットに矛盾がないかどうかを確認する必要がある．例えば，家畜の飼養

頭数が少ない地域では，自給厩肥は供給不可能である．このような場合，厩肥を購入するか，厩肥の施用量を減らすかが考えられる．本研究では，市町村程度の広がりを対象としたため，家畜糞尿が地域内で供給されなくても，近隣の市町村から厩肥の供給されると考え，自給不可能な堆厩肥は購入するとして計算した（附表 10）．

また，「畜産」→「堆厩肥」→「農地投入」の窒素フローが合理的であるかどうかは，「畜産」→「堆厩肥」の窒素量に対する「堆厩肥」→「損失」の窒素量の割合を見ることにより，確認できる．藁などの植物体を材料として堆肥を作る際，窒素含量の減少はほとんどない．これは，植物体は窒素に対する炭素の含量が高く，この C/N 比が低下するまで，窒素は堆肥内に保たれる．しかし，家畜糞尿は窒素の含量が多く，C/N 比が低いため，窒素含量は減少していく．この窒素含量の減少率はおおよそ 20～30 %である（井ノ子，1985）．このことから，「畜産」→「堆厩肥」の窒素量に対する「堆厩肥」→「損失」の窒素量の割合が 10～20 %であるかどうかにより，「畜産」→「堆厩肥」→「農地投入」の窒素フローが合理的であるかどうかが確認できる．

3.2.6 農地に投入される有機物量（附表 11）

稲藁については，家畜への飼料，敷料としての利用，自家での稲藁堆肥への利用，他の農家での稲藁堆肥への利用及び他の農家での鋤込み利用がある．家畜への飼料，敷料の利用量は「畜産物生産費調査報告」に記載されている自給飼料，自給敷料における稲藁の量から求めることができる．自家での稲藁堆肥，他の農家での稲藁堆肥及び他の農家での鋤込みへの利用量は，農林水産省が行っている「土壌管理実態調査アンケート」から見積もる（表 3.17）．

この「土壌管理実態調査アンケート」では，堆肥，厩肥の施用状況が調べられており，その中から，稲藁堆肥の自給量及び購入量，稲藁の購入量のデータを用い，稲藁の各利用量を求めた．そして，稲藁堆肥の自給量が「農作物副産物」→「堆厩肥」の窒素量となり，稲藁及び稲藁堆肥の購入量が「農作物副産物」→「販売交換」の窒素量となる．

籾殻については，「土壌管理実態調査アンケート」における籾殻堆肥の自給量及び購入量から見積もることができる．籾殻堆肥の自給量が「農作物副産物」→「堆厩肥」の窒素量となり，籾殻堆肥の購入量が「農作物副産物」→「販売交換」の窒素量となる．さて，籾殻は廃棄される窒素として見積もられていたが，このように利用されるものがあり，廃棄される窒素量は，籾殻の利用される窒素量を差し引いて，求める必要がある．

3.2.7 農地における窒素のインプット，アウトプット

農地の窒素現存量は，作土層における窒素量と樹園地における樹木の窒素量とした．

作土層における窒素量は，土壌統ごとの作土層の深さ，容積重，窒素含有率及び各土壌統の面積比率から算出する（表 3.18，附表 14）．これらのデータは「地力保全基本調査」から求める．対象地域が市町村のような行政区画と一致する場合，各土壌統の面積が記載されており，それから各土壌統の面積比率を計算することが可能である．行政区画と一致しない場合は，土壌図から各土壌統の面積比率を求める．ここで，作土層の深さは全ての土壌統で記載があったが，窒素含有率及び容積重は一部記載がない土壌統がある．この場合，本研究では，その土壌統の全国平均値を用いた．

樹園地における樹木の窒素量は，単位面積当たりの樹木の現存量に，各樹園地の面積及び樹

表3.18　耕土層における窒素量の計算方法

耕土層における窒素量＝Σ（土壌統iの面積率・土壌統iの深さ・土壌統iの容積重・土壌統iの全窒素）/10

計算例

土壌統群	土壌統	面積率	深さ	容積重	全窒素	耕土層の窒素量	
		%	cm	g/100cc	%	kg N ha^{-1}	
厚層腐植質黒ボク土	大津統	2.6	15	70.6	0.37	100	
表層多腐植質黒ボク土	郷ノ原統	1.2	18	60.1	0.49	64	
表層腐植質黒ボク土	桜統	64.1	15	62.5	0.40	2.402	
厚層腐植質多湿黒ボク土	高梨統	2.3	15	84.6	0.42	122	
厚層腐植質多湿黒ボク土	深井沢統	9.2	20	85.8	0.64	1,009	
表層多腐植質多湿黒ボク土	西の原統	3.0	15	63.4	0.53	150	
表層腐植質多湿黒ボク土	大内統	3.6	15	72.4	0.41	162	
表層腐植質多湿黒ボク土	大田和統	4.9	20	69.1	0.52	356	
淡色黒ボク土	大河内統	0.3	15	64.5	0.26	8	
腐植質黒ボクグライ土	八木橋統	2.4	24	75.4	0.40	176	
細粒褐色低地土	新戒統	0.2	18	108.3	0.17	6	
細粒灰色低地土灰色系	四倉統	0.4	14	96.4	0.31	15	
細粒強グライ土	西山統	0.7	15	104.1	0.21	23	
グライ土下層有機質	楢山統	1.1	19	102.8	0.31	64	
泥炭土	岩沼統	1.2	19	99.1	0.47	104	
黒泥土	鳥帽子統	1.8	20	89.6	0.83	271	
黒泥土	赤沼統	1.1	19	97.8	0.29	59	5.091
		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)

$E_i = A_i \cdot B_i \times C_i \times D_i$

地域における耕土層の窒素量 $F = E_1 + E_2 + \cdots + E_n$

表3.19　樹木における窒素現存量の計算方法

樹木における窒素現存量＝各作物の樹木部分の窒素量の合計

各作物の樹木部分の窒素量＝栽培面積×樹木の単位現存量×樹木の窒素率

対象は果樹と茶の樹木部分である.

計算例

作物	栽培面積	樹木の単位現存量	樹木の窒素率	樹木の窒素量
	ha	tDW/ha		tN
くり	3	20	2.50%	1.500
ぶどう	1	10	2.60%	0.260
うめ	5	20	2.50%	2.500
かき	3	15	2.45%	1.103
茶	2	40	1.38%	1.104
合計				6.467

木の窒素含有率を掛けて求める（表 3.19，附表 15）．単位面積当たりの樹木の現存量は「バイオマス資源のエネルギー的総合利用に関する調査」より引用し，樹木の窒素含有率は「農学大事典」より引用した．

農地への窒素のインプットには，有機物の投入の他，化学肥料の施用，窒素固定，降雨，灌漑の経路がある．アウトプットは，作物吸収，脱窒および溶脱がある．また，農地への蓄積もアウトプットの一つとみなせる（附表 16）．

有機物の投入には，自家製堆肥・厩肥の施用，購入堆肥・厩肥の施用，農作物副産物の鋤込み及びし尿・生ゴミの投入がある．これらの有機物の投入に伴う窒素の供給量の見積もり方法については，3.2.2 節，3.2.3 節及び 3.2.5 節に記載してある．

表3.20　地域における化学肥料施用量の計算方法

地域における化学肥料の施用量＝農地面積×面積当たりの施用量

農地面積当たりの施用量＝農作物の施用量の加重平均

＝Σ(作物 i の施用量×作物 i の作付面積比)

計算例

主な農作物	施用量 kgN/ha	作付面積 ha	面積比	平均施用量 kg N ha^{-1}
水稲	70	3,000	55.6%	38.9
らっかせい	20	600	11.1%	2.2
だいこん	220	120	2.2%	4.9
はくさい	250	180	3.3%	8.3
すいか	150	180	3.3%	5.0
メロン	150	120	2.2%	3.3
麦	60	1,200	22.2%	13.3
	(A)		(B)	(C)
				(D)

$C_i = A_i \times B_i$

地域における面積当たりの施用量＝＞ $D = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$

地域における化学肥料の施用量＝農地面積6,800ha×面積当たりの施用量76.0kgN/ha

＝516.8 tN

化学肥料の施用による窒素供給量は，作物ごとの化学肥料の施用量及び地域内の主要な作物の作付面積比率を用いて計算する（表 3.20）．化学肥料の施用量は各都道府県の「施肥基準」から引用する．この施肥基準に作物の記載がない場合，「農業技術大系」から引用した．

表3.21　地域における窒素固定量の計算方法

地域における窒素固定量＝農地面積×面積当たりの窒素固定量

農地面積当たりの窒素固定量＝Σ（作物 i の面積率×作物 i の面積当たりの窒素固定量）

作物は水稲，マメ科作物，その他の作物に分けて，それぞれの窒素固定量をもとに計算する．

面積当たりの窒素固定量	水稲	40	kgN/ha/年
	大豆	170	
	小豆	50	
	らっかせい	90	
	マメ科牧草	180	
	混蒔牧草	100	
	その他の作物	20	

計算例

作物	窒素固定量 kgN/ha/年	作付面積 ha	面積比	農地当たりの窒素固定量 kgN/ha/年
水稲	40	2,700	47%	18.6
大豆	170	70	1%	2.1
小豆	50	30	1%	0.3
らっかせい	90	600	10%	9.3
マメ科牧草	180	300	5%	9.3
混蒔牧草	100	150	3%	2.6
その他の作物	20	1,950	34%	6.7
				48.9
	A		B	C
				C=A×B
		農地面積当たりの窒素固定量		$D=C_1+C_2+\cdots+C_n$

地域における窒素固定量＝農地面積 5,800ha×農地当たりの窒素固定量 48.9kgN/ha/年

＝283.6 tN

窒素固定による窒素供給量は，作物ごとの窒素固定量及び地域内の主要な作物の作付面積比率を用いて計算する（表 3.21）．窒素固定はマメ科作物で多く，作物ごとの窒素固定量は「農業技術大系」から引用した．マメ科以外の作物では，20 kg N ha^{-1} yr^{-1} の窒素が固定されるものとした（Yatazawa，1978）．

降雨による窒素供給量は雨中の窒素濃度に年間降水量を掛けて見積もる．（表 3.22）．

表3.22　降雨による窒素供給量の計算方法

降雨による窒素供給量＝農地面積×雨の窒素濃度×年間降水量

［計算例］

農地面積	5,800 ha
雨の窒素濃度	1 mgN/L
年間降水量	1,300 mm

降雨による窒素供給量（tN）＝5,800ha×1mgN/L×1,300mm／100,000
＝75.4 tN

潅漑水による窒素供給量は，灌漑水の窒素濃度に灌漑水量を掛け，さらに，農地における水田面積率を掛けて求める（表 3.23）．具体的には，灌漑水の窒素濃度を 2 mg N L^{-1}，灌漑水量を 1,500 mm とした（関矢，1987）．

表3.23　地域における灌漑による窒素供給量の計算方法

灌漑による窒素供給量＝水田面積×灌漑水の窒素濃度×灌漑水量

［計算例］

水田面積	2,700 ha
灌漑水の窒素濃度	2 mgN/L
灌漑水量	1,500 mm

降雨による窒素供給量（tN）＝2,700ha×2mgN/L×1,500mm／100,000
＝81.0 tN

脱窒による窒素離脱量は，水田で 70 kg N ha^{-1} yr^{-1}，畑地で 30 kg N ha^{-1} yr^{-1} の窒素が脱窒するとし（Yatazawa，1978），それに，農地における水田の面積率及びそれ以外の面積率を掛けて見積もる（表 3.24）．

表3.24　地域における脱窒量の計算方法

地域における脱窒量＝水田面積×水田の脱窒量＋水田以外の面積×水田以外の脱窒量

脱窒量	水田	70 kgN/ha/年
	水田以外	30 kgN/ha/年

計算例

	水田	水田以外	合計
面積	2,700	3,100	ha
面積当たり脱窒量	70	30	kgN/ha/年
総脱窒量	189	93	282 tN/年

溶脱する窒素量及び農地へ蓄積する窒素量は，農地への窒素のインプットの総量からアウトプットの総量を引いた量とした．これは，農地に過剰に供給された窒素量であり，別の見方では，作物に吸収されずに，農地に残った窒素量であるともいえる．本研究では，この窒素が農地に蓄積したり，溶脱するものと考えた．そのため，本研究で構築した窒素フローのモデルでは，溶脱する窒素と農地に蓄積する窒素を一体として扱い，「蓄積・溶脱」とした（附表 17）．

第４章

対象地域の選定

4.1　対象地域選定の概念

本研究で開発したモデルを用いて，農村地域における窒素フローを明らかにしていく．そのためには，具体的に，対象地域を選定する必要がある．

そこで，まず，平地農村地域を設定することにした．日本においては，農業はほとんど平地で行われており，そこには，水田と畑が，林野や集落，町と混在して広がっている．このような極ありふれた農村地域における窒素フローを明らかにする必要があると考えた．

次に，都市地域を設定した．都市は食料の消費地であり，また，し尿・生ゴミの発生地でもある．そして，その多量に発生するし尿・生ゴミの処理が環境汚染対策として重要な位置を占めている．このような都市地域において，窒素フローがどの様になっているのかを把握することは重要であると考えた．

そして，山間地域をも対象地域として設定した．日本のおおよそ 8 割は山地である．そこにも人の営みがあり，農業が行われている．ただし，農地が狭いため，普通作物による収入は困難であり，畜産業もしくは特産作物の栽培が行われていることが多い．ここで，畜産業が行われている地域では，狭い農地に対し，多量に発生する家畜糞尿が，環境汚染をもたらしているとされている．このような山間地域における窒素フローを明らかにすることは，重要であると考えた．

さて，以上の 3 つの対象地域に対し，具体的な事例地域を選定する必要がある．本研究では，これらの 3 つの事例地域を，茨城県内から選ぶことにした．その理由として，まず，3 つの事例地域を同一県内から選定する方が，背景となる条件に大きな違いがなくなり，比較がより容易になるためである．次に，日本のほぼ中程に位置する地域を選ぶことで，特殊性を排除できると考

えた．そして，同一県内に，3 つの対象地域が無理なく存在することも選定理由の一つである．このような条件に該当する県はいくつかあったが，その中で，茨城県を選定した．

茨城県における 3 つの事例地域は次の通りである．平地農村地域はつくば市西部の牛久沼集水域，都市地域は取手市，山間地域は里美村である（図 4.1）．平地農村地域に該当する市町村は多々あるが，集水域を対象とすることにより，河川に流出する窒素との対応が可能となる．集水域としては，霞ヶ浦集水域も考えられたが，市町村と同じ程度の広がりを持つ牛久沼集水域を対象とすることにした．都市地域の取手市は，茨城県内で最も東京に近いベッドタウンであり，都市的特徴が良く現れるものと考え，選定した．山間地域の里美村は，共同牧場を持っており，畜

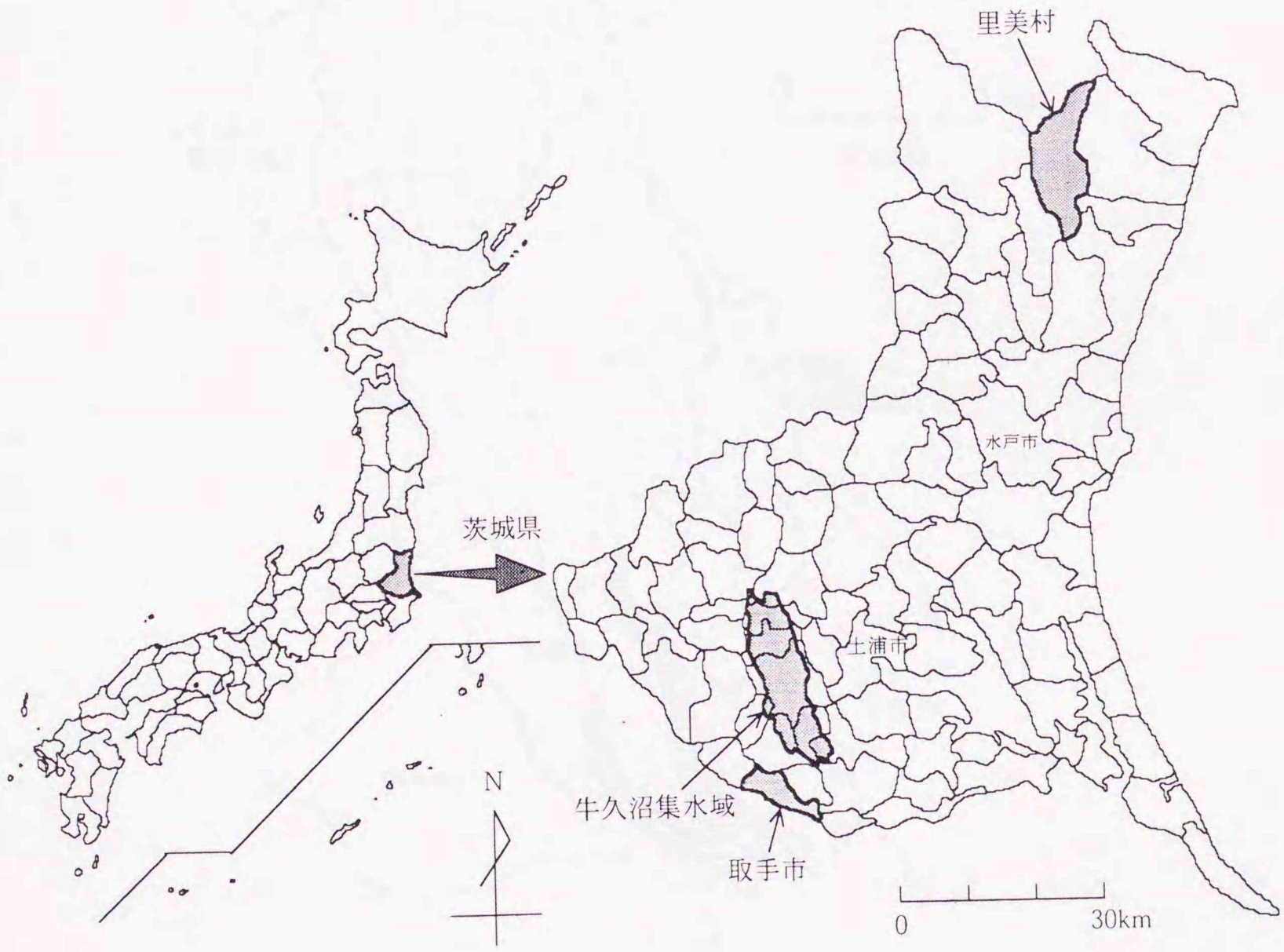


図4.1　対象地域とした茨城県牛久沼集水域，取手市および里美村の位置

産業の窒素フローへの影響が良く現れるものと考え，選定した．

4.2 牛久沼集水域（平地農村地域）の概要

牛久沼集水域は茨城県南部のつくば市西部に位置し（図 4.1），面積 159 km^2，総人口およそ 83,000 人の平地農業地域である．地形は標高約 5～30 m の低地と，それよりおよそ 10 m 高い台地より

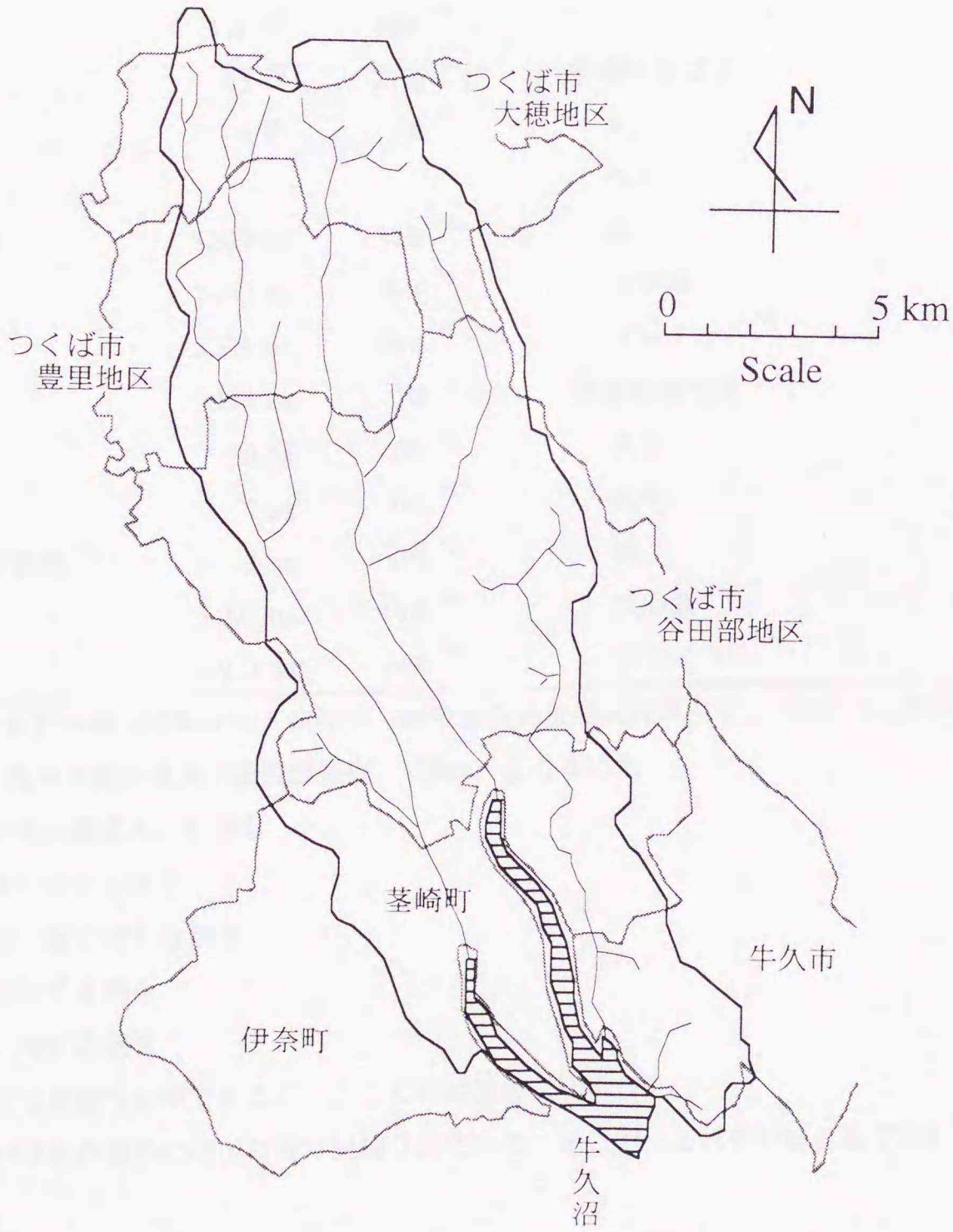


図4.1　牛久沼流域の概要図．太線は流域を、細線は河川を、薄い太線は市町村界を表す．

表4.1　茨城県牛久沼集水域の概要（1985年）

地域面積	15,865 ha		作物種類別収穫面積		
総人口	82,743 人		稲	2,747 ha	
人口密度	522 人/km^2		麦類	559 ha	
農家人口	26,218 人	32% *1	雑穀	11 ha	
農家総戸数	5,264 戸		いも類	90 ha	
専業農家	511 戸	10% *2	豆類	559 ha	
1種兼業	1,388 戸	26% *2	工芸農作物類	52 ha	
2種兼業	3,365 戸	64% *2	野菜類	568 ha	
家畜農家総戸数	215 戸		花き類・花木・芝	1,119 ha	
乳牛	12 戸	6% *3	種苗・苗木類	22 ha	
肉牛	24 戸	11% *3	飼料用作物	38 ha	
豚	128 戸	60% *3			
採卵鶏	45 戸	21% *3	家畜飼養頭数		
ブロイラー	6 戸	3% *3	乳牛	355 頭	
			肉牛	566 頭	
経営耕地面積	5,819 ha	37% *4	豚	11,436 頭	
田	2,253 ha	39% *5	採卵鶏	7,297 羽	
畑	3,370 ha	58% *5	ブロイラー *7	19,349 羽	
果樹園	163 ha	3% *5	家畜飼養密度		
茶園	10 ha	0% *5	乳牛	0.06 頭/農地ha	
桑園	7 ha	0% *5	肉牛	0.10 頭/農地ha	
採草地・放牧地 *6	17 ha	0% *5	豚	1.97 頭/農地ha	
林野面積	3,093 ha	19% *4	採卵鶏	1.25 羽/農地ha	
農林外面積	6,953 ha	44% *4	ブロイラー *7	3.32 羽/農地ha	

茨城農林水産統計年報（昭和60年～61年）（関東農政局茨城統計事務所，1986）および1985年農業センサス集落カード（農林水産省経済局統計情報部，1986b）より求めた．

*1 総人口に対する農家人口の割合

*2 農家総戸数に対する割合

*3 家畜農家総戸数に対する割合

*4 地域面積に対する割合

*5 農地面積に対する割合

*6 センサスでは農地外面積であるが，ここでは耕地として扱った．

*7 ブロイラーは統計資料には出荷数で記載されている．そこで，これを飼養日数で割り，飼養羽数を算出した．

形成されている（図 4.2）．気候は平均気温が 13.2℃，平均年間降水量が 1,197 mm（茨城県館野アメダス，1981 年～1990 年の平均値）である．

農家人口は約 26,000 人であり，総人口の約 32 %を占める．農家戸数は 5,264 戸であり，専業農家，第 1 種兼業農家，第 2 種兼業農家の割合はそれぞれ 10 %，26 %，64 %である．畜産農家は 215 戸であり，農家全体に対し，4 %である．畜産農家のうち，乳牛，肉牛，豚，採卵鶏，ブロイ

表4.2　牛久沼集水域における土壌

土壌統群	土壌統	面積率	深さ	容積重	全窒素
		%	cm	g/100cc	%
厚層腐植質黒ボク土	大津統	2.6	15	70.6	0.37
表層多腐植質黒ボク土	郷ノ原統	1.2	18	60.1	0.49
表層腐植質黒ボク土	桜統	64.1	15	62.5	0.40
厚層腐植質多湿黒ボク土	高梨統	2.3	15	84.6 *	0.42
厚層腐植質多湿黒ボク土	深井沢統	9.2	20	85.8 *	0.64
表層多腐植質多湿黒ボク土	西の原統	3.0	15	63.4	0.53
表層腐植質多湿黒ボク土	大内統	3.6	15	72.4 *	0.41
表層腐植質多湿黒ボク土	大田和統	4.9	20	69.1 *	0.52
淡色黒ボク土	大河内統	0.3	15	64.5	0.26
腐植質黒ボクグライ土	八木橋統	2.4	24	75.4 *	0.40
細粒褐色低地土	新戒統	0.2	18	108.3	0.17
細粒灰色低地土灰色系	四倉統	0.4	14	96.4 *	0.31
細粒強グライ土	西山統	0.7	15	104.1 *	0.21
グライ土下層有機質	楢山統	1.1	19	102.8 *	0.31
泥炭土	岩沼統	1.2	19	99.1 *	0.47
黒泥土	鳥帽子統	1.8	20	89.6 *	0.83
黒泥土	赤沼統	1.1	19	97.8 *	0.29

地力保全基本調査総合成績書（茨城県，1978）より引用．

第1層位を耕土層と見なし，これを対象とした．深さ，容積重，全窒素のデータは全て第1層位の値である．

* 茨城県の地力保全基本調査報告書に記載がなかった．そこで，同じ土壌統の全国平均値を引用した．

ラーの農家戸数はそれぞれ6％，11％，60％，21％，3％であり，豚の飼養農家が多く占める．

経営耕地面積は5,819 haであり，地域全体の37％を占める．林野面積は19％，農林地以外の面積は44％である．農地面積は水田と普通畑で大半を占められ，それぞれ39％，58％である．土

表4.3　牛久沼集水域における農作物生産量（t）

作物	農作物生産量	作物	農作物生産量
稲	11,937	すいか	3,477
麦	1,903	露地メロン	1,338
かんしょ	990	さやえんどう	31
ばれいしょ	833	さやいんげん	92
らっかせい	885	未成熟とうもろこし	471
大豆	96	さといも	265
小豆	9	やまのいも	140
いんげんまめ	4	たまねぎ	107
そば	14	レタス	158
だいこん	2,766	カリフラワー	91
かぶ	46	くり	135
にんじん	693	ぶどう	22
ごぼう	380	日本なし	257
れんこん	5	うめ	17
はくさい	4,760	かき	49
キャベツ	422	葉たばこ	83
ほうれんそう	247	茶	21
ねぎ	756	いね科の牧草	919
なす	438	まぜまき牧草	105
トマト	633	青刈りとうもろこし	1,106
きゅうり	623	ソルゴー	606
かぼちゃ	114	家畜用ビート	20
ピーマン	107	飼料用かぶ	295
いちご	7	農地面積：5,819 ha	

茨城農林水産統計年報（昭和60年～61年）（関東農政局茨城統計事務所，1986）
および1985年農業センサス集落カード（農林水産省経済局統計情報部，1986b）
より見積もった．

壌は桜統（表層腐植質黒ボク土）が広く分布し，64 %を占めるほか，全部で 17 種類の土壌統が分布している（表 4.2）．

作物種類別収穫面積では，稲が最も広く，48 %を占める．続いて，花き類・花木・芝が 19 %を占めるが，具体的には芝である．また，麦類，まめ類，野菜類がそれぞれ 10 %を占める（表 4.1）．まめ類の作物はらっかせいがほとんどを占めている．

牛久沼集水域で生産される作物は，稲が最も多く，約 12,000 t に達する．次いで，野菜が多く，はくさいが約 4,800 t，すいかが約 3,500 t，だいこんが約 2,800 t，露地メロンが約 1,300 t 生産されている．その他に，麦類が約 1,900 t，飼料作物である青刈りトウモロコシが約 1,100 t 生産されている（表 4.3）．牛久沼集水域では，稲が主たる生産物であるが，それに劣らず，野菜類などの畑作物が多く生産されていることがわかる．

家畜は豚が多く飼育されており，およそ 11,000 頭である．乳牛と肉牛の合計が 1,000 頭にも満たないことから，豚が主要な家畜であることがわかる．これは，家畜を飼養している農家のうち，豚を飼養している農家が 60 %を占めることからも伺える．その他に，採卵鶏，ブロイラーも飼育されており，それぞれ約 7,300 羽，約 19,000 羽である．農地単位面積当たりの家畜飼育頭数を見ると，牛（乳牛と肉牛）が 0.15 頭 ha^{-1}，豚が 1.87 頭 ha^{-1}，鶏（採卵鶏とブロイラー）が 4.35 羽 ha^{-1} である．ちなみに，豚の飼育頭数の全国平均は 2.10 頭 ha^{-1} であり，それよりは少ない．

4.3 茨城県取手市（都市地域）の概要

茨城県取手市は茨城県南部にあり，上野まで 40 分の JR 常磐線取手駅が中心にある都市的地域

である（図 4.1）．総面積は 120 km^2，総人口は約 78,600 人であり，人口密度は 2,000 人/km^2 を越えている．地形は，標高 5 m の低地と谷が深く入り込んだ標高 20～25 m の台地より構成されている（図 4.3）．年平均気温 15.7℃，年間降水量 1,515 mm（茨城県竜ヶ崎アメダス，1981 年～1990 年の平均値）である．

農家人口は 4,328 人であり，総人口のわずか 6 %である．人口が集中し，作物を生産せず，食料を消費する地域であることがわかる．農家戸数は 857 戸であり，そのうち専業農家，第 1 種兼業農家，第 2 種兼業農家の割合はそれぞれ 7 %，23 %，70 %である．畜産農家は極めて少なく，乳牛が 4 戸，豚が 4 戸そして採卵鶏が 15 戸のみである（表 4.4）．

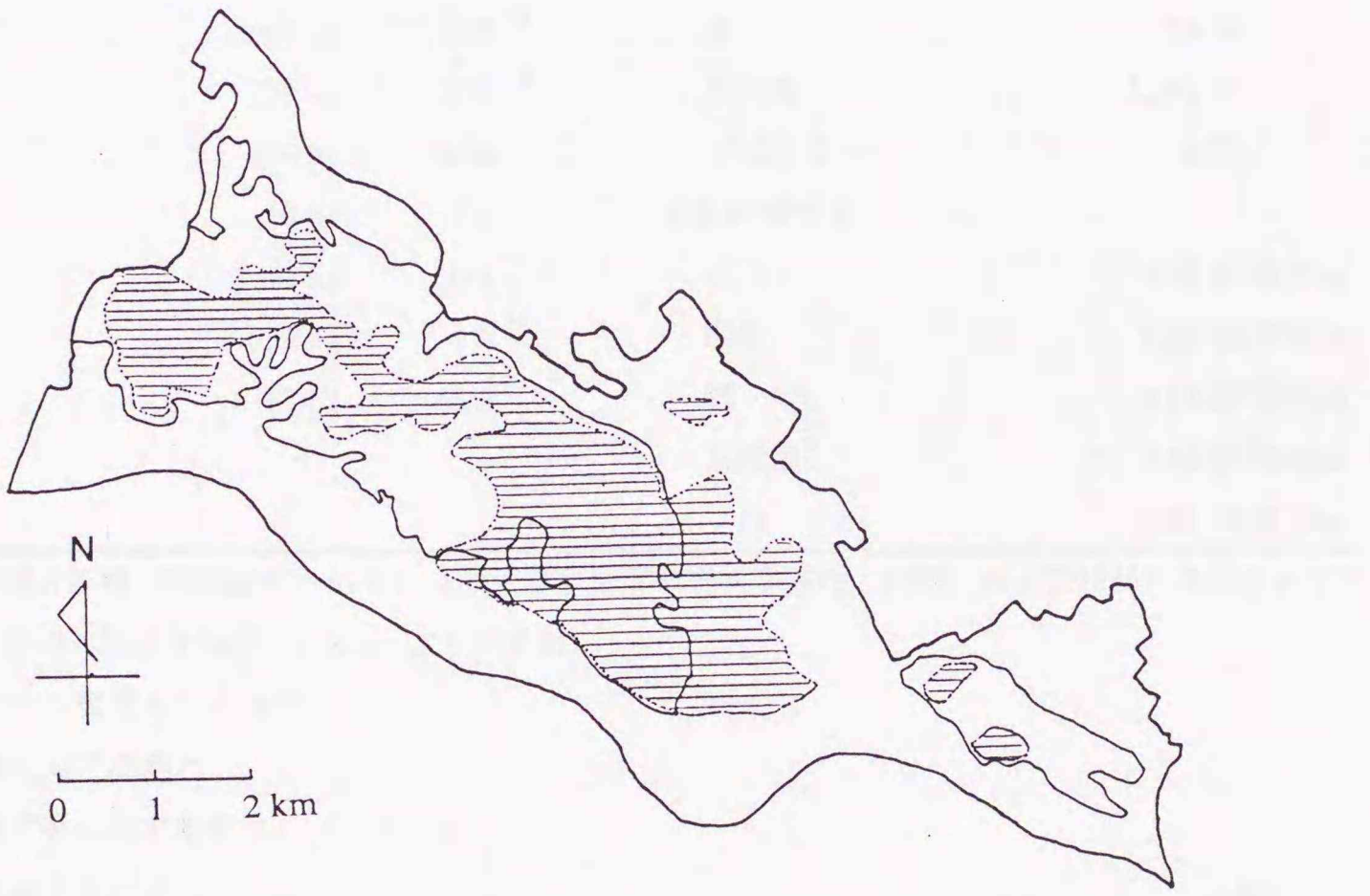


図 4.3　取手市の概要図．やや細い線が標高 20 m．陰がかかった部分は市街地，住宅地，工場などである．北西から南東にかけて台地が伸びており，その上に市街地などが分布していることがわかる．南側は利根川が流れている．南側の低地は河川敷であり，水田は北側の低地に分布している．

表4.4　茨城県取手市の概要（1985年）

地域面積	3,684 ha		作物種類別収穫面積	
総人口	78,608 人		稲	611 ha
人口密度	2,134 人/km^2		麦類	28 ha
農家人口	4,328 人	6% *1	雑穀	1 ha
農家総戸数	857 戸		いも類	13 ha
専業農家	64 戸	7% *2	豆類	15 ha
1種兼業	196 戸	23% *2	工芸農作物類	2 ha
2種兼業	597 戸	70% *2	野菜類	112 ha
家畜農家総戸数	23 戸		花き類・花木・芝	4 ha
乳牛	4 戸	17% *3	種苗・苗木類	1 ha
肉牛	0 戸	0% *3	飼料用作物	6 ha
豚	4 戸	17% *3		
採卵鶏	15 戸	65% *3	家畜飼養頭数	
ブロイラー	0 戸	0% *3	乳牛	78 頭
			肉牛	0 頭
耕地面積	963 ha	26% *4	豚	124 頭
田	719 ha	75% *5	採卵鶏	7,299 羽
普通畑	230 ha	24% *5	ブロイラー	0 羽
樹園地	10 ha	1% *5	家畜飼養密度	
牧草地	4 ha	0% *5	乳牛	0.08 頭/農地ha
林野面積	339 ha	9% *4	肉牛	0.00 頭/農地ha
農林外面積	2,382 ha	65% *4	豚	0.13 頭/農地ha
			採卵鶏	7.58 羽/農地ha
			ブロイラー	0.00 羽/農地ha

茨城農林水産統計年報（昭和60年～61年）（関東農政局茨城統計事務所，1986）および1985年農業センサス（農林水産省経済局統計情報部，1986a）より求めた．

*1 総人口に対する農家人口の割合

*2 農家総戸数に対する割合

*3 家畜農家総戸数に対する割合

*4 地域面積に対する割合

*5 農地面積に対する割合

耕地面積は963 haであり，地域面積の26 %を占める．林野面積はわずか9 %，農林外面積は65 %を占める．耕地面積のうち，水田が75 %と大半を占める．その他は普通畑が24 %を占め，

樹園地，牧草地はわずかである．土壌は，桜統が 33 %を占めており，最も広く分布しているが，その他，低地土が 39 %，泥炭土が 16 %，そしてグライ土が 12 %を占めており，低地に分布する土壌が大半を占めている（表 4.5）．農地が主に低地に残っている特徴が，ここに現れている．

表4.5　茨城県取手市における土壌

土壌統群	土壌統	面積率	深さ	容積重	全窒素
		%	cm	g/100cc	%
表層腐植質黒ボク土	桜統	33.3%	15	62.5	0.40%
細粒褐色低地土	新戒統	18.5%	18	108.3	0.17%
細粒灰色低地土灰色系	四倉統	5.9%	14	96.4 *	0.31%
細粒灰色低地土灰褐系	金田統	4.7%	13	99.5 *	0.12%
中粗粒灰色低地土灰色系	加茂統	9.6%	16	118.3 *	0.18%
泥炭土	岩沼統	15.7%	19	99.1 *	0.47%
グライ土下層有機質	米里統	12.3%	19	88.7 *	0.33%

地力保全基本調査総合成績書（茨城県，1978）より引用．

第1層位を耕土層と見なし，これを対象とした．深さ，容積重，全窒素のデータは全て第1層位の値である．

* 茨城県の地力保全基本調査報告書に記載がなかった．そこで，同じ土壌統の全国平均値を引用した．

作物種類別収穫面積では，稲が 611 ha 収穫されており，77 %を占める．その他には，野菜類が 112 ha 収穫され，14 %を占め，他の作物はほとんど作られていない．

取手市で生産される作物は，水稲が最も多く，約 3,000 t である．次いで，イネ科の牧草が約 1,000 t 生産されている．その他では，きゅうりが約 650 t，キャベツが約 450 t，だいこんが約 400 t，ねぎが約 400 t，青刈りトウモロコシが約 400 t，そしてソルゴーが約 350 t である（表 4.6）．取手市で生産されている作物は，稲が主であるが，その他に，野菜と飼料作物が多く生産されていることがわかる．

表4.6　取手市における農作物生産量（t）

作物	農作物生産量
水稲	2,980
陸稲	15
小麦	110
六条大麦	43
かんしょ	152
ばれいしょ	185
らっかせい	31
大豆	12
小豆	2
いんげんまめ	1
だいこん	389
かぶ	48
ごぼう	51
はくさい	216
キャベツ	447
ほうれんそう	150
ねぎ	388
なす	167
トマト	261
きゅうり	634
かぼちゃ	29
ピーマン	19
露地メロン	46
さやえんどう	15
さやいんげん	34
未成熟とうもろこし	242
さといも	57
やまのいも	18
たまねぎ	48
レタス	86
カリフラワー	61
くり	3
ぶどう	5
うめ	4
かき	21
いね科の牧草	1,010
まぜまき牧草	165
青刈りとうもろこし	378
ソルゴー	365
飼料用かぶ	49
農地面積：963 ha	

茨城農林水産統計年報（昭和60年～61年）（関東農政局茨城統計事務所，1986）より引用.

家畜はあまり飼育されておらず，その飼育頭数は乳牛が 78 頭，豚が 124 頭，採卵鶏が約 7,300 羽であり，あまり多くない．農地単位面積当たりの飼養頭数も，乳牛が 0.08 頭 ha^{-1}，豚が 0.13 頭 ha^{-1}，採卵鶏が 7.58 羽 ha^{-1} である．採卵鶏はやや多いものの，牛，豚ともに極めて少ない．畜産農家数が少ないこともあり，取手市では，畜産があまり盛んでないといえる．家畜の飼養には悪臭など様々な問題が伴うため，都市地域では畜産を営むことが困難であるとも考えられる．

4.4　茨城県里美村（山間地域）の概要

茨城県里美村は茨城県北部に位置し（図 4.1），面積 120 km^2，総人口およそ 5,000 人の山間農業地域である．標高は 140 m から 870 m にわたり，62 %が傾斜 3 %以上の傾斜地（経済企画庁総合開発局，1973）である（図 4.5）．年平均気温は 11.8℃，年間降水量は 1,342 mm（茨城県大子アメダス，1979 年～1990 年の平均値）である．

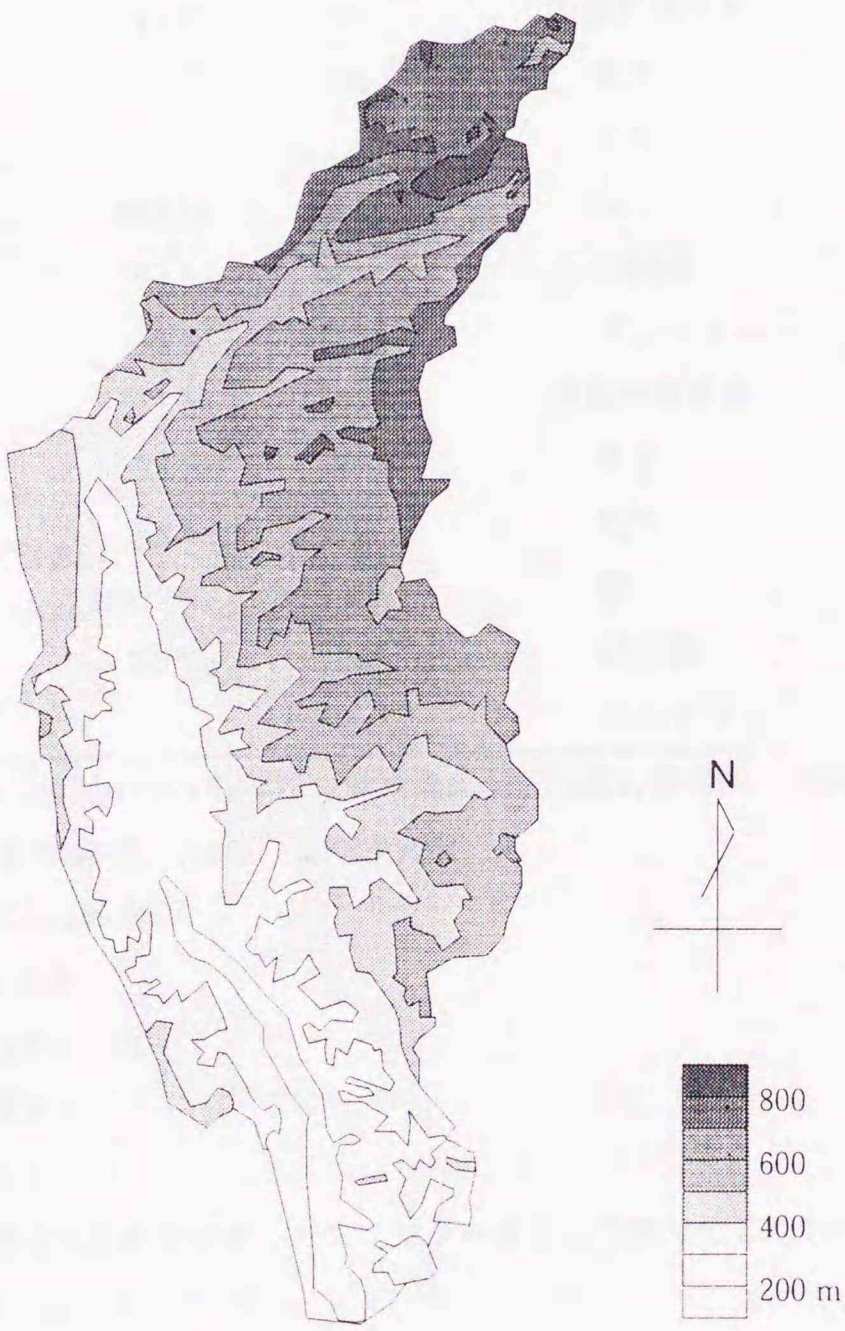


図4.4　茨城県里美村の概要図

表4.7　茨城県里美村の概要（1985年）

地域面積	12,036 ha			作物種類別収穫面積	
総人口	4,868 人			稲	281 ha
人口密度	40 人/km^2			麦類	32 ha
農家人口	3,599 人	74%	*1	雑穀	10 ha
農家総戸数	851 戸			いも類	5 ha
専業農家	81 戸	10%	*2	豆類	32 ha
1種兼業	105 戸	12%	*2	工芸農作物類	31 ha
2種兼業	665 戸	78%	*2	野菜類	19 ha
家畜農家総戸数	269 戸			花き類・花木・芝	0 ha
乳牛	63 戸	23%	*3	種苗・苗木類	0 ha
肉牛	178 戸	66%	*3	飼料用作物	96 ha
豚	14 戸	5%	*3		
採卵鶏	13 戸	5%	*3	家畜飼養頭数	
ブロイラー	1 戸	0%	*3	乳牛	912 頭
				肉牛	615 頭
耕地面積	942 ha	8%	*4	豚	277 頭
田	393 ha	42%	*5	採卵鶏	1,738 羽
普通畑	136 ha	14%	*5	ブロイラー *7	1,619 羽
樹園地	51 ha	5%	*5	家畜飼養密度	
牧草地	74 ha	8%	*5	乳牛	0.97 頭/農地ha
放牧地 *6	288 ha	31%	*5	肉牛	0.65 頭/農地ha
林野面積	10812 ha	90%	*4	豚	0.29 頭/農地ha
農林外面積	282 ha	2%	*4	採卵鶏	1.85 羽/農地ha
				ブロイラー *7	1.72 羽/農地ha

茨城農林水産統計年報（昭和60年～61年）（関東農政局茨城統計事務所，1986）および1985年農業センサス（農林水産省経済局統計情報部，1986a）より求めた．

*1 総人口に対する農家人口の割合

*2 農家総戸数に対する割合

*3 家畜農家総戸数に対する割合

*4 地域面積に対する割合

*5 農地面積に対する割合

*6 公共牧場であり，農林水産統計やセンサスにはデータとして現れてこないが，本研究では耕地に含めて扱う．

*7 ブロイラーは統計資料には出荷数で記載されている．そこで，これを飼養日数で割り，飼養羽数を算出した．

農家人口は3,599人であり，総人口の74％を占める．農家戸数は851戸であり，そのうち専業農家，第1種兼業農家，第2種兼業農家の割合はそれぞれ10％，12％，78％である．また，畜産農家は全農家戸数の32％を占め，そのうち乳牛農家が23％，肉牛農家が66％を占めており，牛の飼育が盛んな地域である（表4.7）．

里美村は山間地域であり，林野が地域の90％を占め，耕地面積（放牧地を含む）は942 ha，地域全体のわずか8％である．耕地面積の大半は水田と放牧地で占められ，それぞれ39％，35％である．土壌は灰色低地土とグライ土が66％，褐色森林土が28％を占めている（表4.8）．

表4.8　茨城県里美村における土壌

土壌統群	土壌統	面積率	深さ	容積重	全窒素
		%	cm	g/100cc	%
細粒灰色低地土灰色系	鴨島統	5.1%	18	118.3 *	0.28%
中粗粒灰色低地土灰色系	加茂統	7.4%	16	118.3 *	0.18%
礫質灰色低地土灰色系	追子野木統	4.7%	12	112.6 *	0.28%
礫質灰色低地土灰色系	国領統	44.9%	15	121.6 *	0.35%
中粗粒強グライ土	滝尾統	3.6%	18	115.1 *	0.19%
厚層腐植質黒ボク土	大津統	4.2%	15	70.6	0.37%
表層腐植質黒ボク土	桜統	1.8%	15	62.5	0.40%
細粒褐色森林土	上統	13.3%	14	111.6 *	0.24%
礫質褐色森林土	石浜統	6.8%	16	116.7 *	0.32%
礫質褐色森林土	五社統	8.1%	15	113.4 *	0.20%

地力保全基本調査総合成績書（茨城県，1978）より引用．

第1層位を耕土層と見なし，これを対象とした．深さ，容積重，全窒素のデータは全て第1層位の値である．

* 茨城県の地力保全基本調査報告書に記載がなかった．そこで，同じ土壌統の全国平均値を引用した．

作物種類別収穫面積は，稲が最も多く，56％を占め，次いで，飼料用作物が19％を占めている（表 4.7）．ここでの放牧地は公共牧場であり，農林水産統計やセンサスにはデータとして現れてこない．そこで，稲が大半を占める割合になっている．

里美村で生産される農作物は，飼料作物が最も多く，まぜまき牧草が6,670 t，青刈りトウモロコシが2,870 t，いね科の牧草が2,370 t 生産されている．次いで，水稲が多く，1,080 t 生産されており，その他の作物では，だいこんが287 t，はくさいが270 t である（表 4.9）．このことから，

表4.9　里美村における農作物生産量（t）

作物	農作物生産量	作物	農作物生産量
水稲	1,080	さやえんどう	8
陸稲	17	未成熟とうもろこし	42
小麦	69	さといも	29
六条大麦	12	たまねぎ	15
二条大麦	18	くり	2
かんしょ	52	ぶどう	17
ばれいしょ	105	うめ	5
らっかせい	2	かき	5
大豆	47	りんご	23
小豆	13	こんにゃくいも	54
いんげんまめ	1	茶	83
そば	10	まめ科の牧草	806
だいこん	287	いね科の牧草	2,370
ごぼう	32	まぜまき牧草	6,670
はくさい	270	青刈りとうもろこし	2,870
ほうれんそう	26	ソルゴー	47
ねぎ	39	家畜用ビート	35
なす	59	飼料用かぶ	209
きゅうり	17	農地面積：942 ha	

茨城農林水産統計年報（昭和60年～61年）（関東農政局茨城統計事務所，1986）より引用．

里美村では飼料作物の生産がかなり多いことがわかる．このデータには放牧地における生産量は入っていない．放牧地を含めると，里美村における農作物生産物のほとんどが家畜の飼料であるといえる．

家畜は牛が多く飼育されており，乳牛，肉牛を合わせて 1,527 頭飼養されている．その他は豚が 277 頭，採卵鶏が 1,738 羽，ブロイラーが 1,619 羽であり，牛が主要な家畜であることがわかる（表 4.7）．これは，牛を飼育している農家が全農家戸数の 28 %も占めることからも伺える．農地の単位面積当たりの飼養頭数を見ると，牛（乳牛と肉牛）が 1.53 頭 ha^{-1}，豚が 0.28 頭 ha^{-1}，鶏（採卵鶏，ブロイラー）が 3.36 羽 ha^{-1} である．牛の飼養頭数の全国平均は 0.92 頭 ha^{-1} である．この値は耕地面積当たりの飼養頭数であるため，この値と比較するためには，里美村では，放牧地を除いた農地面積当たりの飼養頭数を求める必要がある．すると，里美村は 2.33 頭 ha^{-1} となり，全国平均を大きく上回っていることがわかる．ちなみに，里美村における，牛の飼養に関係する牧草地と放牧地の単位面積当たりの牛の飼養頭数は 3.64 頭 ha^{-1} である．

第５章

平地農村地域における窒素フロー

5.1 牛久沼集水域における窒素フローの概要

第3章で示した農村地域における窒素フローモデルに従い，茨城県牛久沼集水域の 1985 年の窒素フローを明らかにした（図 5.1）．

牛久沼集水域の窒素フローのうち，最も多い窒素量が「購入食料飼料敷料」であり，農地面積当たり 112 kg N ha^{-1} yr^{-1} である．そのうち，57 kg N ha^{-1} yr^{-1} が食料として「食生活」に供給され，55 kg N ha^{-1} yr^{-1} が飼料，敷料として「畜産」に供給されている．

「食生活」に供給された窒素は，そのほとんどが廃棄されており，「廃棄」される窒素の 81 % を占めている．「畜産」に供給された窒素は，糞尿となり，堆厩肥に加工されて自家の農地に利用されたり，他の農家に販売もしくは交換されており，廃棄される量は少ない．

すなわち，購入食料，飼料の窒素は，「食生活」を経て廃棄され，「畜産」を経て堆厩肥として利用されていることがわかる．これらの窒素は，肥料として利用可能な有機物である．これらの有機物が実際にどのように利用され，どれだけ廃棄されているのかを 5.2 節で詳しく述べる．

「農地投入」される有機物の窒素量は 77 kg N ha^{-1} yr^{-1} である．また，「化学肥料」により供給された窒素量は 109 kg N ha^{-1} yr^{-1} である．一方，「農作物」による窒素吸収量は 129 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，過剰な窒素が農地に供給されている．この過剰な窒素は「蓄積・溶脱」として示してあり，72 kg N ha^{-1} yr^{-1} である．この窒素が農地から出ていった場合，環境汚染を引き起こす．農地において，窒素がどれだけ供給され，どれだけ出ているのかについては 5.3 節で詳しく述べる．

「廃棄」の窒素量は 66 kg N ha^{-1} yr^{-1} である．一方，農地における過剰な窒素量，すなわち，「蓄積・溶脱」の窒素量は 72 kg N ha^{-1} yr^{-1} である．このことは，廃棄により環境を汚染する窒素量よ

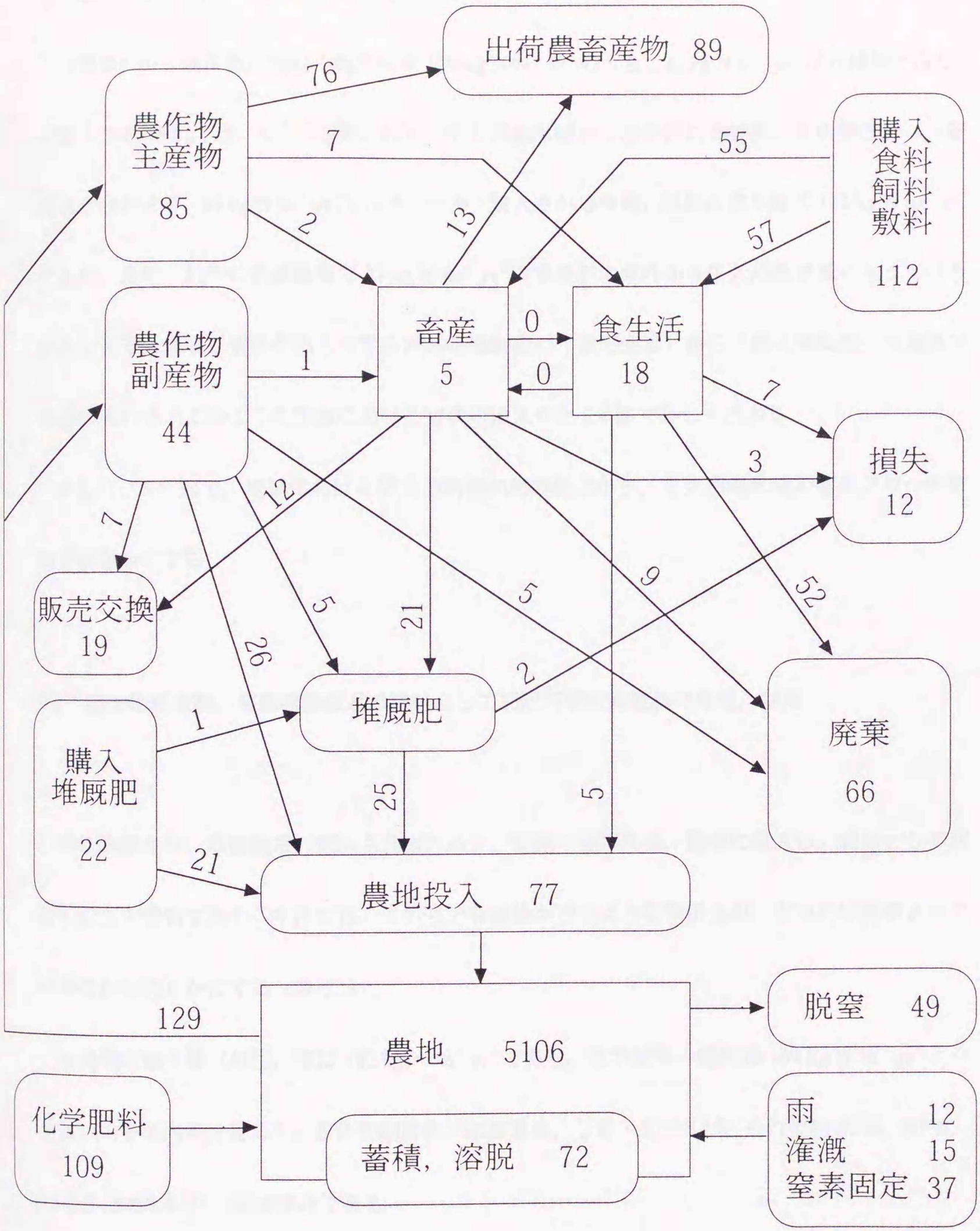


図5.1 1985年茨城県牛久沼集水域における窒素フロー

□ 現存量 ▭ フロー量

農地面積当たり
(kg N ha^{-1} yr^{-1})

り，農地から流出し，環境を汚染する窒素量が多いことを示している．

「農地」から農作物に吸収された窒素 129 kg N ha^{-1} yr^{-1} のうち，85 kg N ha^{-1} yr^{-1} が収穫物となり，そのうちの 76 kg N ha^{-1} yr^{-1} が出荷される．牛久沼集水域から出荷される農畜産物の窒素量は，畜産物と合わせて，89 kg N ha^{-1} yr^{-1} となる．一方，購入される食料，飼料の窒素量は 112 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，食料，飼料の供給過程で 23 kg N ha^{-1} yr^{-1} の窒素が地域外から牛久沼集水域に入っているとみなせる．地域に窒素が出入りする経路は堆厩肥の「販売交換」から「購入堆厩肥」の過程でも認められる．このような地域における窒素の出入りを 5.4 節で詳しく述べる．

そして，5.5 節で，地域における窒素の循環利用の観点から，牛久沼集水域の窒素フローの特徴を明らかにする．

5.2 農作物副産物，家畜糞尿などの肥料として利用可能な有機物の処理，利用

農作物副産物，家畜糞尿（敷料も含まれる），し尿・生ゴミは，農地に投入し，肥料として利用可能な有機物である．本節では，これらの有機物がどのように利用され，どれだけ廃棄されているのかを明らかにする（表 5.1）．

有機物の総生産（排出）量は 142 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，化学肥料の施用量 109 kg N ha^{-1} yr^{-1} よりも多い．その内訳を見ると，農作物副産物，家畜糞尿，し尿・生ゴミが，それぞれ 30 %，30 %，40 %を占めており，ほぼ同量である．

農作物副産物は堆厩肥としての利用が 28 %であり，60 %は鋤込みされていた．わらや茎葉を農地に鋤き込むと，窒素飢餓などを起こすため，堆肥に加工するなり，厩肥に混ぜてから，農地に

表5.1　1985年茨城県牛久沼集水域における堆厩肥となりうる有機物資源の処理（kg N ha^{-1} yr^{-1}）

処理	農作物副産物		家畜糞尿		し尿・生ゴミ		合計	
自給用の堆厩肥	5	12%	21	50%	0	0%	26	18%
	19%		81%		0%		100%	
農地への直接投入	26	60%	0	0%	5	9%	31	22%
	84%		0%		16%		100%	
堆厩肥としての販売，交換	7	16%	12	29%	0	0%	19	13%
	37%		63%		0%		100%	
処理場・廃棄	5	12%	9	21%	52	91%	66	46%
	8%		14%		79%		100%	
合計	43	100%	42	100%	57	100%	142	100%
	30%		30%		40%		100%	

施用することが望ましいとされている（農文協編，1974）．

家畜糞尿の 50 %は自家製堆厩肥に，29 %は堆厩肥の原料として販売，交換されており，堆厩肥として農地に還元される率が高い．廃棄されている家畜糞尿は 21 %であるが，そのほとんどは豚の糞尿である．この豚の糞尿を堆厩肥として活用することが循環系での資源の有効利用につながり，環境を保全することになる．

し尿・生ゴミは生産量が他の資源に比べてやや多いが，その 91 %が処理場で処理されるため，農地への堆厩肥としての利用はほとんどなされていない．この量が多いため，堆厩肥として利用可能な資源の総生産量の 46 %，66 kg N ha^{-1} yr^{-1} もの窒素が廃棄により，環境に負荷を与えていることになる．

5.3 農地における窒素収支

農地にどれだけの窒素が供給され，どれだけの窒素が作物に吸収され，そして，どれだけの窒素が環境に流出するのかに注目し，農地における窒素収支を明らかにした（表 5.2）．

農地へ供給される窒素（インプット）は，化学肥料，堆肥・厩肥，わら，作物残渣，し尿，生ゴミ，窒素固定，雨，灌漑水による．牛久沼集水域では，下水汚泥の農地投入は行われていないので，ここには含まれていない．農地から出ていく窒素（アウトプット）は，農作物の生育による吸収，脱窒，溶脱がある．ここで，溶脱は，農地に供給された窒素量が農作物による吸収量および脱窒量より多い場合に起こるものと仮定した．すなわち，過剰な窒素が作物生産に利用されずに溶脱し，環境を汚染すると仮定する．

表5.2　農地における窒素収支

－茨城県牛久沼集水域，1985年－

		($kgN\ ha^{-1}\ yr^{-1}$)	
インプット	250		
化学肥料		109	44%
自家製堆厩肥		25	10%
購入堆厩肥		21	8%
鋤込み		26	10%
し尿・生ゴミ		5	2%
窒素固定		37	15%
雨		12	5%
灌漑水		15	6%
アウトプット	178		
作物吸収		129	52%
脱窒		-49	20%
過剰な窒素	72		29%

農地への窒素のインプットは，合計 250 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，それに対し，アウトプットは 178 kg N ha^{-1} yr^{-1} である．従って，過剰な窒素量は 72 kg N ha^{-1} yr^{-1} と見積もられる（表 5.2）．

農地への窒素のインプットのうち，化学肥料が 44 %を占めていた．化学肥料は「農地→食料・飼料→食生活・畜産→糞尿→農地」の循環系の外から窒素を加わえるものであり，それが農地への窒素供給量のほぼ半分を占めていることは，循環系に窒素が多量に加わっていることを示すものである．同様に，購入堆厩肥も同じ影響をもたらし，それはインプットの 8 %を占める．そのため，循環系の外から加えられる窒素はインプットの総窒素量の半分を占めることになる．この加えられた窒素が，農地から養分を収奪する作物生産に寄与するものであれば問題はない．しかし，堆肥・厩肥からも多量の窒素が供給されており，作物に吸収されない窒素が多量に残り，それが環境に負荷を与えていることがわかる．化学肥料の施用量は作物吸収量よりも少なく，環境保全のための技術開発の賜である．現在，畑地，特に野菜畑において，肥効調節型肥料などにより肥料の利用率を高める技術が開発されている．この技術が普及することにより，過剰な窒素量が減少し，農地からの環境負荷量が低下するものと予想される．

自家製堆厩肥，鋤込み，し尿・生ゴミは循環系の構成要素から供給されるものであり，その窒素量は 56 kg N ha^{-1} yr^{-1} である．この資源を利用している限り，循環系に過剰な窒素が供給されることはない．しかし，この循環系の構成要素の窒素量はインプット総量のわずか 22 %であり，このことからも，如何に循環系外からの窒素の添加が多いかが分かる．また，作物により 129 kg N ha^{-1} yr^{-1} もの窒素が吸収されるのに対し，循環系の構成要素から供給される窒素量はわずか 56 kg N ha^{-1} yr^{-1} と不足していることも問題である．

購入堆厩肥は，もともと，家畜糞尿やわらなどの循環系の構成要素を原料としている．従って，

家畜糞尿やわらが堆厩肥の原料として販売，交換される量と購入堆厩肥の量が等しい場合，循環系の経路として見なすことができる．牛久沼流域の場合（図 5.1），「販売交換」の窒素量が 19 kg N ha^{-1} yr^{-1} であるのに対し，「購入堆厩肥」が 22 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，わずか 3 kg N ha^{-1} yr^{-1} の窒素が，この経路で追加されているにすぎない．そこで，購入堆厩肥も循環系内と見なすと，自家製堆厩肥，鋤込み，し尿・生ゴミに購入堆厩肥が加わった窒素量，77 kg N ha^{-1} yr^{-1} が循環系から農地に供給される窒素量であると見なせる．しかしながら，作物による窒素吸収量は 129 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，まだ，循環系からの窒素供給量は不足している．

この足りない窒素量を化学肥料で補うことも考えられるが，家畜糞尿，農作物副産物が充分に堆厩肥として利用されているかどうかも検討する必要がある．堆厩肥となりうる有機物資源の利用状況を見ると（表 5.1），農作物副産物，家畜糞尿は利用率が高く，全て利用したとしても，循環系からの窒素供給量は91 kg N ha^{-1} yr^{-1} までにしか増加しない．作物による窒素吸収量129 kg N ha^{-1} yr^{-1} との不足分を埋めるには，殆どが廃棄されているし尿・生ゴミの堆厩肥利用を進めていく必要がある．

5.4 地域の窒素循環への窒素の出入り

地域内での窒素循環は「農地」→「食料，飼料」→「糞尿」→「農地」である．この循環系に窒素が出入りする経路には，「食料，飼料の出荷・購入」，「堆厩肥の販売・購入」，「化学肥料」，「損失」，「雨・灌漑水・窒素固定・脱窒」，「廃棄」，そして「蓄積・溶脱」がある（図 5.2）．

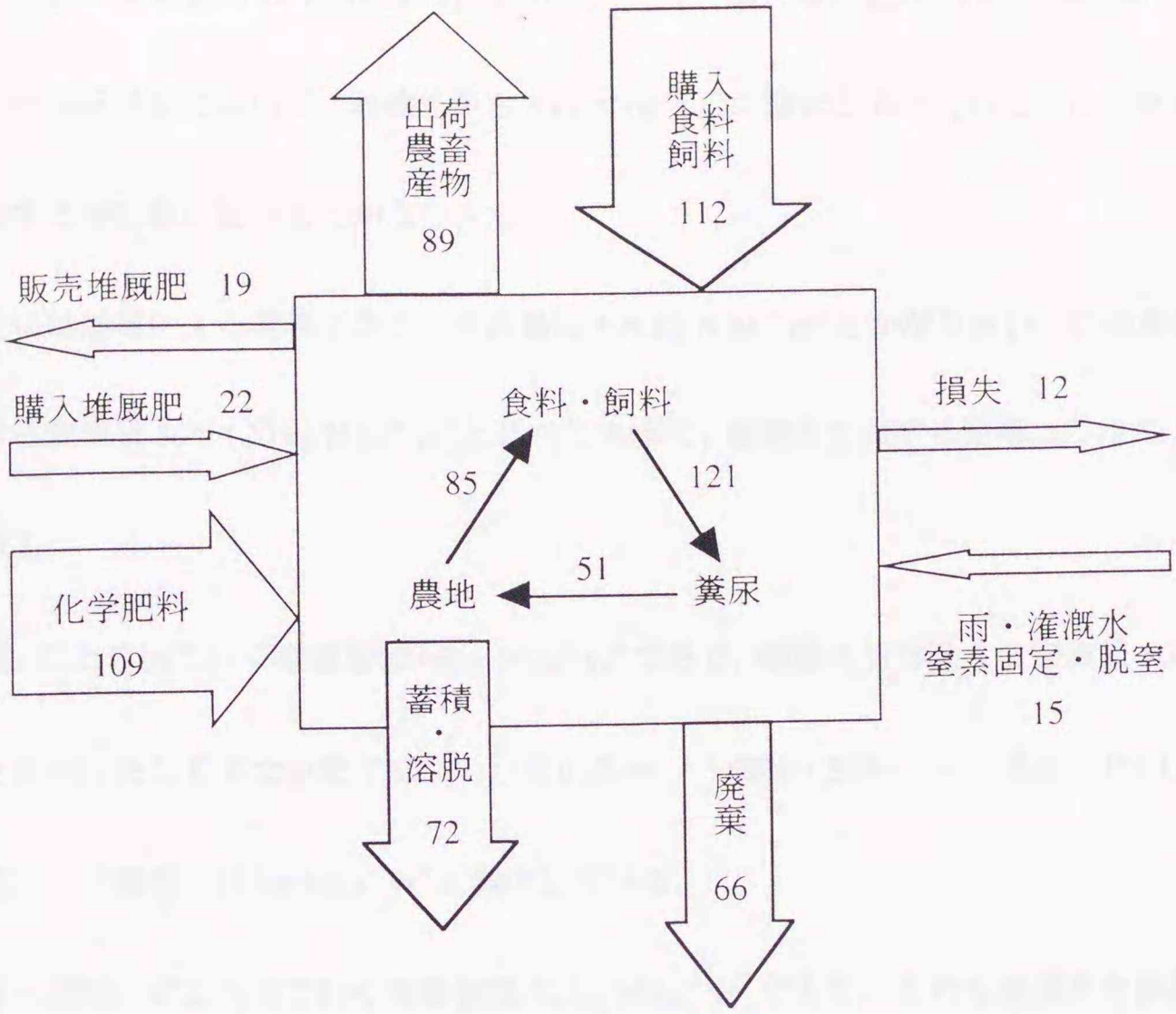


図5.2　牛久沼集水域における地域外との窒素の出入り（kgN/ha/年）

農地→食料・飼料：農作物主産物量
食料・飼料→糞尿：食料・飼料の消費量
糞尿→農地：農地投入量－農作物副産物の鋤込み量

循環系を移動する窒素量は「農地」→「食料，飼料」が 85 kg N ha^{-1} yr^{-1}（農作物主産物量），「食料，飼料」→「糞尿」が 121 kg N ha^{-1} yr^{-1}（食料・飼料の消費量），「糞尿」→「農地」が 51 kg N ha^{-1} yr^{-1}（「農地投入」から「農作物副産物の鋤込み量」を引いた）である．このことから，循環系を移動する窒素量はおよそ 50～120 kg N ha^{-1} yr^{-1} とみられる．

出荷農畜産物の窒素量は 89 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，一方，購入食料・飼料の窒素量は 112 kg N ha^{-1} yr^{-1} である．つまり，食料・飼料の供給過程において，地域外から 23 kg N ha^{-1} yr^{-1} の窒素が入っている．この量は購入食料・飼料の窒素量の 21 %を占めている．

販売堆厩肥の窒素量は 19 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，一方，購入堆厩肥は 22 kg N ha^{-1} yr^{-1} である．この堆厩肥の供給過程において，地域外から 3 kg N ha^{-1} yr^{-1} の窒素が入っている．この窒素量は循環系を移動する窒素量に比べるとかなり少ない．

化学肥料は地域に入る窒素であり，その量は 109 kg N ha^{-1} yr^{-1} とかなり多い．この量は，循環系を移動する窒素量 50～120 kg N ha^{-1} yr^{-1} と比べても多く，循環系に対する影響はかなり大きいものと思われる．

「廃棄」により出ていく窒素量は 66kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，循環系を移動する窒素量 50～120 kg N ha^{-1} yr^{-1} と比べ，決して少ない量ではない．このため，「食料・飼料」→「糞尿」121 kg N ha^{-1} yr^{-1} が「糞尿」→「農地」51 kg N ha^{-1} yr^{-1} と減少している．

「蓄積・溶脱」により出ていく窒素量は 72 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，これも循環系を移動する窒素量と比べると少ない量ではない．

以上をまとめると，牛久沼集水域では，化学肥料による窒素の供給量が多く，そのため，蓄積・溶脱となって環境を汚染する窒素が多くなる．また，食料・飼料を経由し，糞尿となり，その一部が廃棄され，環境を汚染していることがわかる．食料・飼料の地域外からの供給による影響はあまり大きくないもとの考えられる．

5.5 牛久沼集水域における窒素循環の特徴

牛久沼集水域において，窒素がどの様に循環利用されているのかを把握するため，窒素量の多いフローに限定し，窒素フローの特徴を明らかにした（図 5.3）．

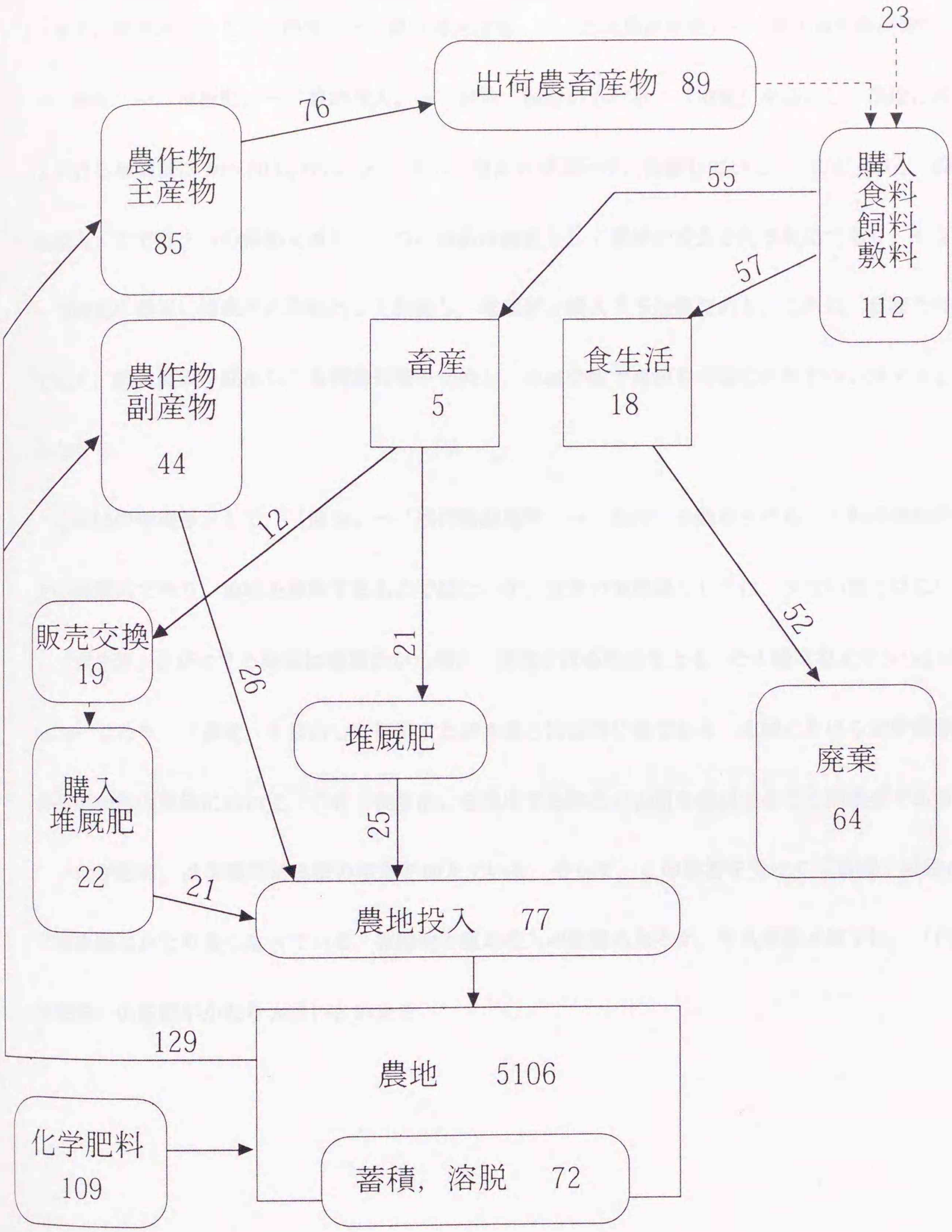


図5.3　牛久沼集水域における窒素フローの主要経路

□ 現存量　(　) フロー量

農地面積当たり
(kg N ha^{-1} yr^{-1})

まず，循環系として，「農地」→「農作物主産物」→「出荷農畜産物」→「購入食料飼料敷料」→「畜産」→「堆厩肥」→「農地投入」→「農地」が認められる．「畜産」を経由し，農地に投入される窒素量は 30～50 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，窒素の循環利用に貢献している．「畜産」から「農地投入」までは 2 つの経路を通る．一つは自給堆厩肥として農地に投入される経路であり，もう一つは他の農家に堆厩肥の原料として供給し，堆厩肥を購入する経路である．これは，自家だけでなく，他の農家を経由し，有機物資源を交換し，地域全体で資源を有効に利用するシステムとみなせる．

この他の循環系として，「農地」→「農作物副産物」→「農地」も認められる．これは農地内での循環系であり，地域を移動するものではないが，窒素の循環量としては，少ない量ではない．

「食生活」を経由する窒素は循環系から離れ，廃棄される経路をとる．その量はおよそ 50 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，「畜産」を経由して循環する窒素量とほぼ同じ量である．地域における窒素資源の循環利用の評価において，この「食生活」を経由する窒素の利用を改善することが重要である．

「化学肥料」は循環系に多量の窒素を加えている．そして，この影響を受けて「蓄積・溶脱」の窒素量はかなり多くなっている．有機物の農地投入の影響もあるが，牛久沼集水域では，「化学肥料」の影響がかなり大きいといえる．

第６章

都市地域における窒素フロー

6.1 取手市における窒素フローの概要

本章では，都市地域である茨城県取手市の 1985 年の窒素フローを明らかにし，窒素の循環利用の評価を行う（図 6.1）．

取手市は人口が多く，人口密度は 2,000 人 km^{-2} を越える．そのため，食生活における窒素現存量は 102 kg N ha^{-1} と多く，また，食生活を経由する窒素量も極めて多い．取手市における窒素フローのなかで，「購入食料」→「食生活」→「廃棄」の窒素量は際だって多く，他のフローのほとんどが 20 kg N ha^{-1} yr^{-1} 以下であり，多くてもせいぜい 100 kg N ha^{-1} yr^{-1} 程度であるのに対し，食生活を経由する窒素量は 330～340 kg N ha^{-1} yr^{-1} と際だって多い．このため，「購入食料飼料敷料」の窒素量は 358 kg N ha^{-1} yr^{-1} にも達し，また，「廃棄」される窒素量も 333 kg N ha^{-1} yr^{-1} にもなる．

取手市は家畜の飼育頭数が少なく，畜産の窒素現存量はわずか 2 kg N ha^{-1} である．そのため「畜産」を経由する窒素量は少なく，全て 10 kg N ha^{-1} yr^{-1} 未満である．また，厩肥となり，農地に施用される窒素量もかなり少ない．

農地に投入される窒素量は 66 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，作物に吸収される窒素量の 61 %である．糞尿などの食生活及び畜産から出る肥料となりうる有機物資源，それに，農作物副産物がどのように利用され，または，廃棄されるのかについて，6.2 節で詳しく述べる．

取手市では，住宅などの開発により，農地が少なく，その 75 %は水田である．そのため，化学肥料の施用量はやや少ない．また，有機物の農地投入量がやや少ないため，「蓄積・溶脱」となる窒素量は 65 kg N ha^{-1} yr^{-1} と，牛久沼集水域よりやや少ない．この農地における窒素収支については，6.3 節で詳しく述べる．

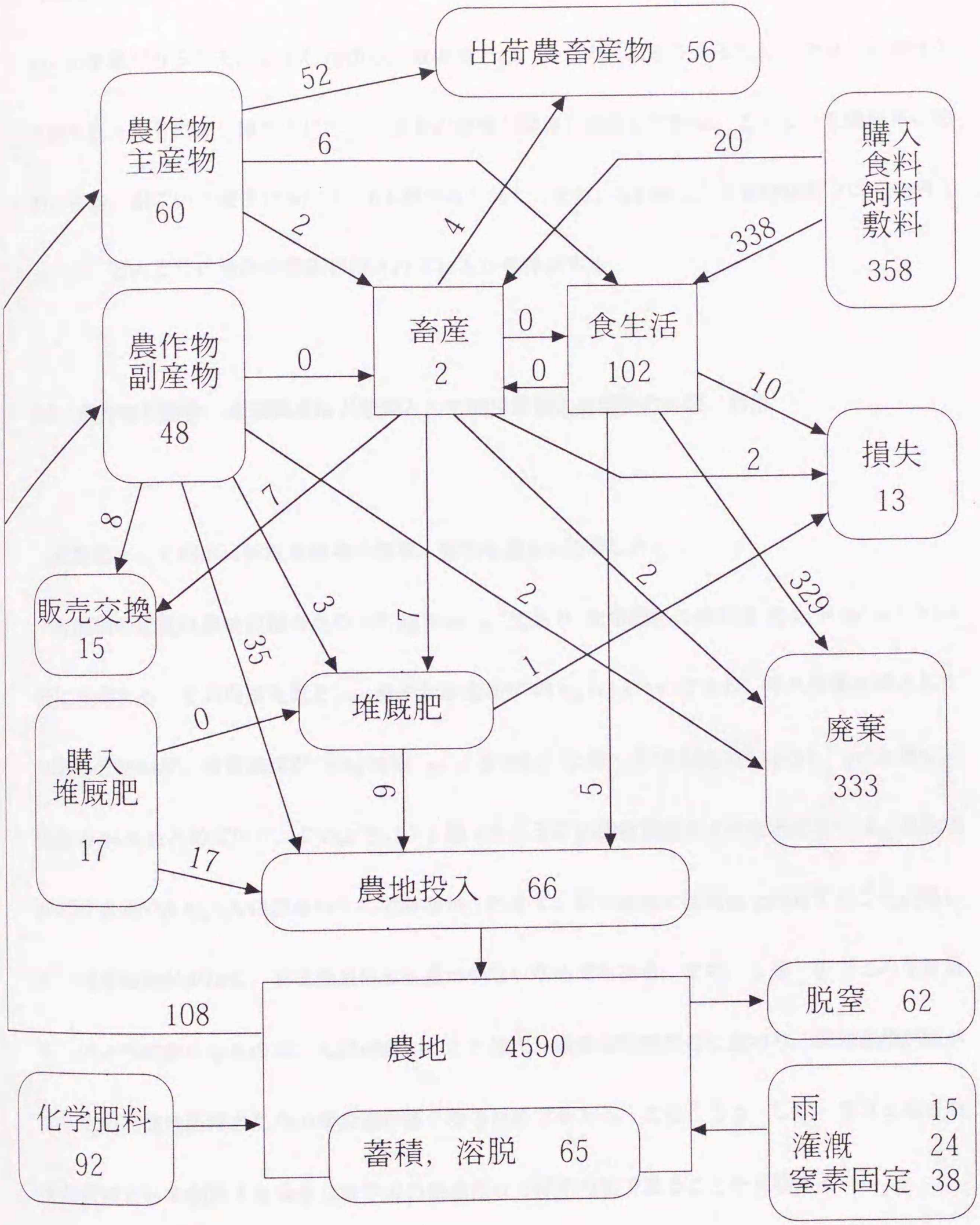


図6.1　1985年茨城県取手市における窒素フロー　　農地面積当たり
(kg N ha^{-1} yr^{-1})

□ 現存量　◯ フロー量

本来，農村地域では，「農地」→「農作物（食料，飼料）」→「人，家畜」→「糞尿」→「農地」の循環がみられる．しかしながら，取手市では，多くの人口を支えるため，食料を地域外から持ち込み，それがし尿などになり，多量の窒素が環境に流出している．このような循環系に加わる窒素，出ていく窒素について，6.4 節でみていく．また，6.5 節で，主要な窒素フローを明らかにし，どのように窒素が循環利用されているかを評価する．

6.2 農作物副産物，家畜糞尿など肥料として利用可能な有機物の処理，利用

堆厩肥として利用可能な有機物の処理，利用を表 6.1 に示した．

有機物の総量は農地面積当たり 398 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，化学肥料の施用量 90 kg N ha^{-1} yr^{-1} の 4.4 倍にも達する．その内訳を見ると，農作物副産物が 48 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，牛久沼集水域とあまり変わりないが，家畜糞尿が 16 kg N ha^{-1} yr^{-1} と少ない．し尿・生ゴミは 334 kg N ha^{-1} yr^{-1} と多く，総量の 84 %を占めていた．このように，し尿・生ゴミが有機物資源の大半を占めるのは，本地域が都市地域であり，人口が多いためであるが，加えて，都市地域では家畜を飼育することが難しく，飼育頭数が少なく，家畜糞尿の生産量が少ないためでもある．また，し尿・生ゴミの生産量がこのように多くなるのは，人口が多いことに加え，農地が宅地などに変わり，農地面積が減少するため，農地面積当たりの窒素量が多くなるためでもある．このことは，し尿・生ゴミなどを養分資源として利用する場合，取手市の農地だけでは不可能であることを示唆する．

農作物副産物は 73 %が鋤込みされていた．取手市は 75 %が水田であり，農作物副産物のほとんどは稲藁である．現在，稲藁はほとんど鋤き込まれており，農家が自家で堆肥に加工されるこ

表6.1　1985年茨城県取手市における堆厩肥となりうる有機物資源の処理（kg N ha^{-1} yr^{-1}）

処理	農作物副産物		家畜糞尿		し尿・生ゴミ		合計	
自給用の堆厩肥	3 30%	6%	7 70%	44%	0 0%	0%	10 100%	3%
農地への直接投入	35 88%	73%	0 0%	0%	5 13%	1%	40 100%	10%
堆厩肥としての販売，交換	8 53%	17%	7 47%	44%	0 0%	0%	15 100%	4%
処理場・廃棄	2 1%	4%	2 1%	13%	329 99%	99%	333 100%	84%
合計	48 12%	100%	16 4%	100%	334 84%	100%	398 100%	100%

とは少なくなったことが関係している．

家畜糞尿の 44 %は自家製堆厩肥に，44 %は堆厩肥の原料として販売，交換されており，堆厩肥として農地に利用される率が高い．しかしながら，家畜糞尿の生産量は大変低いため，農地に利用される量はわずかである．また，処理場で処理されている割合は 13 %であるが，その量はわずかであり，環境への負荷はかなり低い．

し尿・生ゴミの 99 %が処理場で処理されている．し尿・生ゴミの生産量はかなり多いが，農地への利用はほんのわずかであり，処理場で処理される窒素量は 333 kg N ha^{-1} yr^{-1} にも達しており，し尿・生ゴミが環境に多大な負荷を与えていることがわかる．

6.3 農地における窒素収支

農地に施用された窒素がどれだけ作物生産に効果的に利用されているのか，どれだけ環境に負荷を与えているのかを把握するため，農地における窒素収支に注目する（表 6.2）．

農地への窒素のインプットは，合計 235 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，それに対し，アウトプットは 170 kg N ha^{-1} yr^{-1} である．従って，過剰な窒素量は 65 kg N ha^{-1} yr^{-1} と見積もられる．

農地への窒素のインプットのうち，化学肥料が最も多く，92 kg N ha^{-1} yr^{-1}，39 %を占めている．続いて，窒素固定 38 kg N ha^{-1} yr^{-1}，16 %，鋤込み 35 kg N ha^{-1} yr^{-1}，15 %である．

循環系の構成要素である自家製堆厩肥，鋤込み，し尿・生ゴミによる窒素供給量は 49 kg N ha^{-1} yr^{-1} である．購入堆厩肥は，もともと，家畜糞尿やわらなどの循環系の構成要素を原料としてお

表6.2　農地における窒素収支

－茨城県取手市，1985年－

		(kgN ha^{-1} yr^{-1})	
インプット	235		
化学肥料		92	39%
自家製堆厩肥		9	4%
購入堆厩肥		17	7%
鋤込み		35	15%
し尿・生ゴミ		5	2%
窒素固定		38	16%
雨		15	6%
灌漑水		24	10%
アウトプット	170		
作物吸収		108	46%
脱窒		62	26%
過剰な窒素	65		28%

り，家畜糞尿やわらが堆厩肥の原料として販売，交換される量と購入堆厩肥の量が等しい場合，循環系の経路として見なすことができる．取手市の場合，「販売交換」の窒素量が 15 kg N ha^{-1} yr^{-1}，購入堆厩肥の窒素量が 17 kg N ha^{-1} yr^{-1} と，購入堆厩肥が 2 kg N ha^{-1} yr^{-1} 多いだけであり，この経路も循環系内と見なすことができる．すると，自家製堆厩肥，鋤込み，し尿・生ゴミに購入堆厩肥が加わった窒素量，66 kg N ha^{-1} yr^{-1} が循環系から農地に供給される窒素量であると見なせる．しかしながら，作物による窒素吸収量は 108 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，循環系からの窒素供給量は 42 kg N ha^{-1} yr^{-1} も不足している．

この足りない窒素量を化学肥料で補うことも考えられるが，まずは，有機物資源を還元利用することを考慮する必要がある．農作物副産物および家畜糞尿が廃棄されている窒素量は合わせてわずか 4 kg N ha^{-1} yr^{-1} である．これらの有機物資源の利用率を 100 %に高めても，作物が要求する窒素量には 38 kg N ha^{-1} yr^{-1} 足りない．し尿・生ゴミは 329 kg N ha^{-1} yr^{-1} が処理場で処理され，農業への還元利用がなされていない．このし尿・生ゴミを全て取手市内で還元利用すると，農地に供給される窒素量は過剰となり，農地からの環境負荷を高めることは容易に想像できる．しかし，し尿・生ゴミの農地還元量を 5 kg N ha^{-1} yr^{-1} から 43 kg N ha^{-1} yr^{-1} に高めると，作物への窒素供給量をまかなうことができる．

これには，当然，化学肥料の代替として，し尿・生ゴミなどの有機物資源を利用するための技術開発などが必要となる．また，し尿・生ゴミの処理場で処理される窒素量は 329 kg N ha^{-1} yr^{-1} から 291 kg N ha^{-1} yr^{-1} までしか減少しないため，し尿・生ゴミの処理に関する課題は残る．し尿・生ゴミの源は食料である．この食料が地域外から多量に入ってきているため，地域内の農地で許容できなくなり，環境汚染をもたらしているのである．

6.4 地域の窒素循環への窒素の出入り

取手市における地域外との窒素の出入りを図6.2に示した.

「購入食料」は358 kg N ha^{-1} yr^{-1}, 「出荷農産物」は56 kg N ha^{-1} yr^{-1}であり, 302 kg N ha^{-1} yr^{-1}の窒素が食料供給に伴い, 取手市に入ってきていることになる. この窒素量は他の窒素フローと比較しても際だって多い量である.

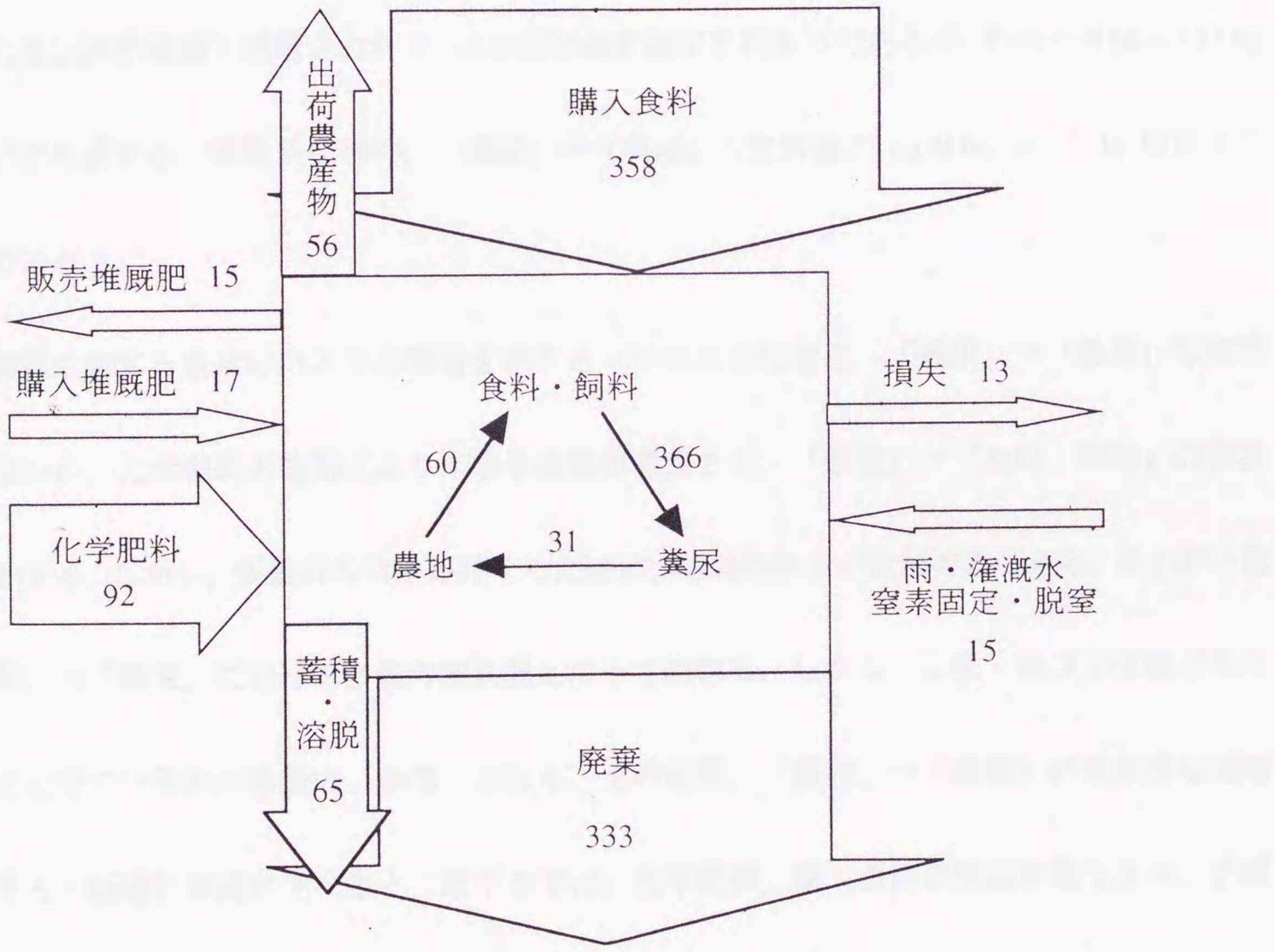


図6.2 取手市における地域外との窒素の出入り（kgN/ha/年）

農地→食料・飼料：農作物主産物量
食料・飼料→糞尿：食料・飼料の消費量
糞尿→農地：農地投入量－農作物副産物の鋤込み量

このため，「農地」→「食料，飼料」→「糞尿」→「農地」の循環系での窒素量は極端に変動する．「農地」→「食料・飼料」は 60 kg N ha^{-1} yr^{-1} であるが，「食料・飼料」→「糞尿」では 366 kg N ha^{-1} yr^{-1} にも増加する．そして，「糞尿」→「農地」では，31 kg N ha^{-1} yr^{-1} にまで低下する．

循環系に対する窒素の出入りが大きいため，このような窒素循環量の変動が大きくなるのである．食料供給に伴う取手市への窒素流入量 302 kg N ha^{-1} yr^{-1} は「農地」→「食料，飼料」の 60 kg N ha^{-1} yr^{-1} の 5 倍もの窒素量である．そのため，「食料・飼料」→「糞尿」の窒素量が 366 kg N ha^{-1} yr^{-1} にまで増加する．ただし，この多量の窒素はほとんど農地に投入されることなく，廃棄される．具体的にはし尿処理場で処理されたり，ゴミ処理場で焼却されるのであるが，その窒素量は 333 kg N ha^{-1} yr^{-1} にも達する．循環系に残り，「糞尿」→「農地」の窒素量 31 kg N ha^{-1} yr^{-1} の 10 倍以上の窒素量である．

窒素循環に対する窒素の出入りの特徴を示すと，次のようになる．「糞尿」→「農地」の窒素量は少ないが，化学肥料の施用により作物生産量が確保され，「農地」→「食料，飼料」の窒素量が増加する．しかし，多量の人口を維持するために，地域外からの食料を持ち込み，それが「食料，飼料」→「糞尿」における多量の窒素量となって現れる．しかし，し尿・生ゴミは殆ど利用されることなく，それが多量の「廃棄」となる．その結果，「糞尿」→「農地」の窒素量は極端に減少する．極端に単純に述べると，取手市では，化学肥料，購入食料の窒素を取り込み，食糧を確保し，それが糞尿になり，廃棄されているとまとめられる．

6.5 取手市における窒素循環の特徴

取手市において，窒素がどの様に循環利用されているのかを，より詳細に明らかにするため，窒素量の多いフローに限定し，窒素フローの特徴を明らかにした．（図 6.3）．

取手市において最も大きな窒素フローが「購入食料飼料敷料」→「食生活」→「廃棄」である．そして，この窒素の源は地域外から供給される食料である．この経路では 300 kg N ha^{-1} yr^{-1} を越える極めて多量な窒素量が移動している．食生活を支えるために，多量に地域外から窒素を持ち込み，そして，多量な窒素を廃棄している．これは循環系とは全くかけ離れた経路である．

この他に，「化学肥料」→「農地」→「農作物主産物」→「出荷農畜産物」→「購入食料飼料敷料」→「食生活」→「廃棄」でも窒素が移動している．かなりの部分で循環系の経路をたどっているが，循環しているわけではない．ここで移動している窒素量はおよそ 50 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，地域外から供給される窒素に比べるとかなり少ない．

循環系は「農地」→「農作物副産物」→「農地投入」→「農地」のみが認められる．しかしながら，鋤込みされる窒素量は 35 kg N ha^{-1} yr^{-1} とかなり少ない．

このように，多量の人口を支えるためだけに，多量の窒素を地域外から持ち込み，そして廃棄する．それに対し，循環系の構成要素を移動する窒素量は少ない．これが都市地域における窒素フローの特徴といえる．

多量の窒素を廃棄するため，環境汚染が起きるのであるが，この窒素は多量の人口を支えるために，地域外から持ち込まれた窒素である．これをむやみに農地に投入すると，農地から多量の窒素流出をもたらし，廃棄と同様，環境汚染を引き起こす．し尿・生ゴミを堆厩肥として利用し，

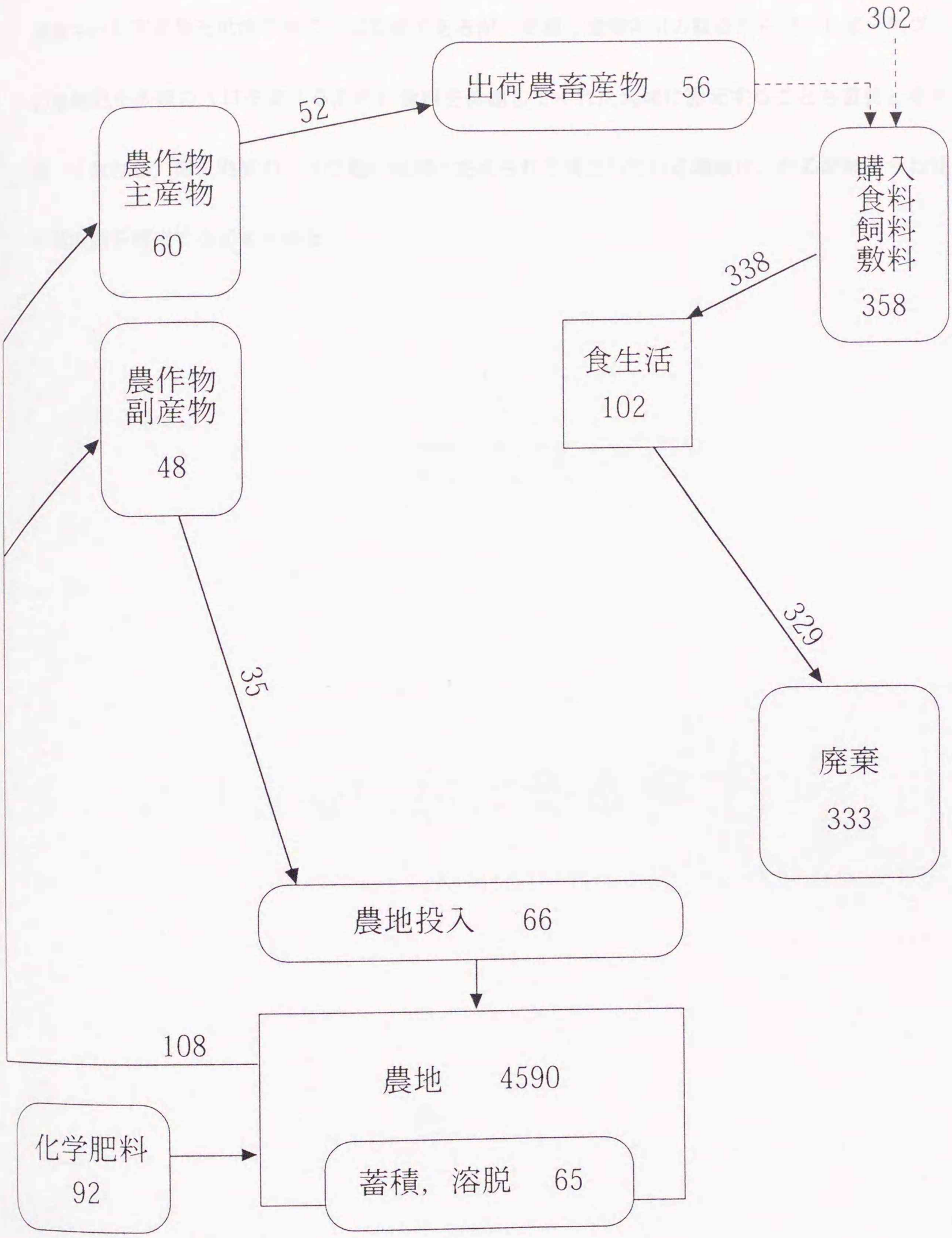


図6.3　取手市における窒素フローの主要経路

□ 現存量　(　) フロー量

農地面積当たり
(kg N ha^{-1} yr^{-1})

廃棄される窒素量を低減することは重要であるが，資源の循環利用の観点からは，し尿・生ゴミの堆厩肥を多量の人口を支えるために食料を供給してくれた地域に還元することも重要と考える．すなわち，都市地域のような他の地域に支えられて成立している地域は，他の地域と合わせて循環系を確立する必要がある．

第７章

山間地域における窒素フロー

7.1 里美村における窒素フローの概要

3章で示した農村地域における窒素フローモデルに従い，山間地域である茨城県里美村における1985年の窒素フローを明らかにした（図7.1）．

里美村では牛が多く飼育されており，農地面積（水田，普通畑，樹園地，牧草地，放牧地の合計）当たりの牛の飼育頭数は1.6頭 ha^{-1} となる．そのため，畜産における窒素現存量が24 kg N ha^{-1} と多く，食生活の窒素現存量の4倍にもなっていた．このことは里美村における窒素フローに反映しており，「畜産」を経由する窒素量が多い．購入飼料・敷料は148 kg N ha^{-1} yr^{-1} にも達している．それに伴い，家畜糞尿の排出量も多く，「畜産」→「堆厩肥」および「畜産」→「販売交換」の窒素フロー量はそれぞれ58 kg N ha^{-1} yr^{-1}，41 kg N ha^{-1} yr^{-1} と多い．

これだけ多くの牛を飼育するため，里美村では広大な放牧地があり，その面積は地域の農地面積の1/3を占めている．そのため，地域内で供給される飼料は多くなり，「農作物主産物」の1/3が「畜産」に供給される．また，牧草は普通の農作物に比べてリター，刈り株となって農地に残る量も多いため，農作物副産物の窒素量が多い．

里美村は人口が少なく，「食生活」を経由する窒素量が少ない．購入食料のみならず，農地に投入される窒素量，廃棄される窒素量も少ない．

「廃棄」の窒素量は29 kg N ha^{-1} yr^{-1} と，牛久沼集水域および取手市と比べて，かなり少ない．この「廃棄」されている窒素は，本来，農地に投入して肥料として利用可能な資源である．「廃棄」の窒素量が少ないことは，窒素資源が有効に利用されていることを伺わせる．この資源の利用状況を7.2節で明らかにし，廃棄される窒素量が少ない実態について詳しく述べる．

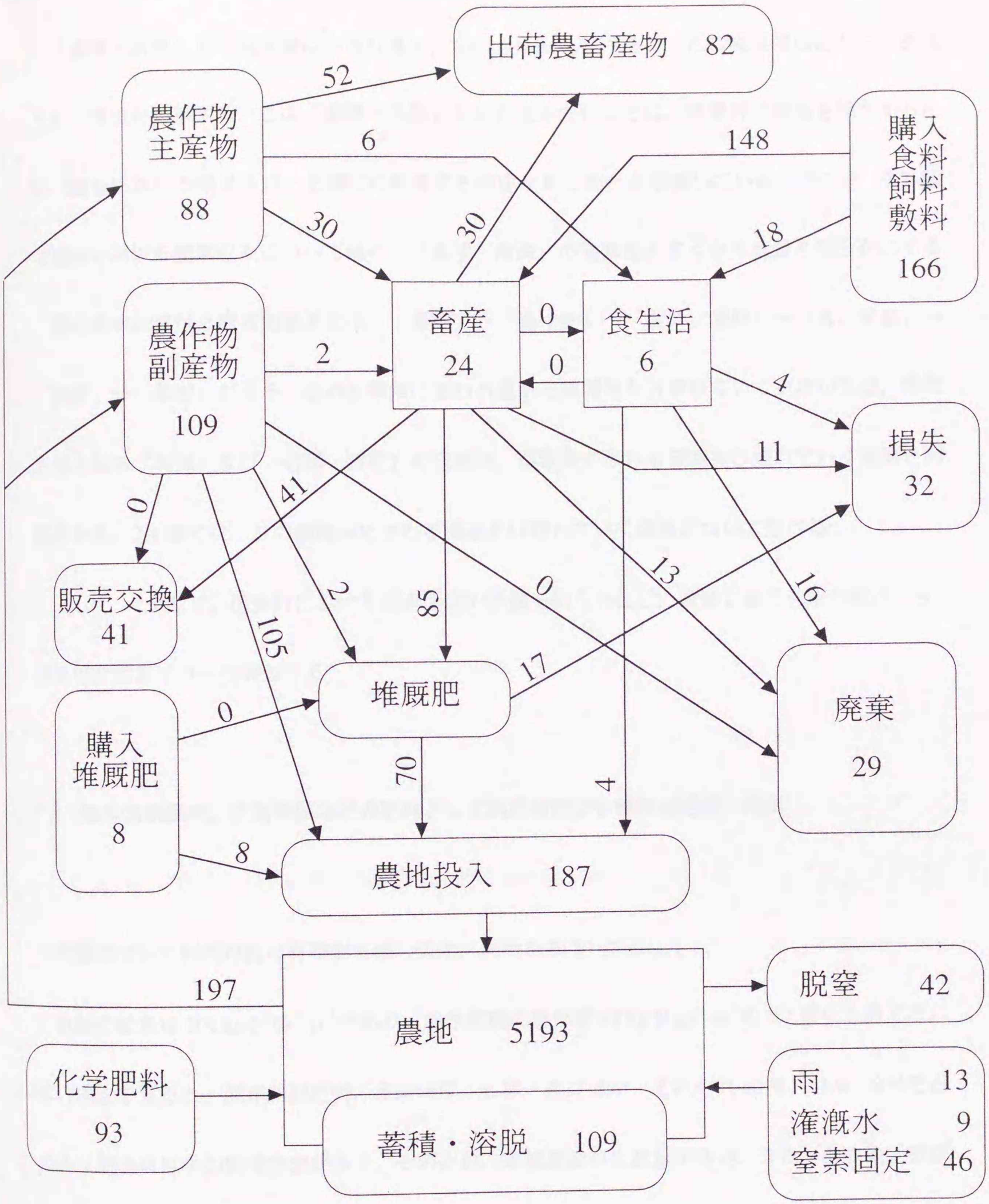


図7.1　1985年茨城県里美村における窒素フロー

□ 現存量　○ フロー量

農地面積当たり
(kg N ha^{-1} yr^{-1})

「蓄積・溶脱」する窒素量はかなり多く，109 kg N ha^{-1} yr^{-1} である．この窒素は農地から浸透流出し，環境を汚染する．この「蓄積・溶脱」の窒素量が多いことは，里美村の環境を保全するため，農地における窒素フローを適正に管理する必要があることを示唆している．そこで，7.3 節で農地における窒素収支について述べ，「蓄積・溶脱」の窒素量が多くなる背景を明らかにする．

農村地域における窒素循環系には，「農地」→「農作物」→「食料，飼料」→「人，家畜」→「糞尿」→「農地」がある．この循環系に加わる窒素と循環系から離れていく窒素があり，環境汚染となる「廃棄」及び「蓄積・溶脱」の窒素は，循環系の加わる窒素及び離れていく窒素と関係がある．7.4 節では，この循環系に加わる窒素及び離れていく窒素について述べる．

そして，7.5 節で，里美村における窒素循環の特徴を明らかにし，資源の循環利用の観点から，里美村の窒素フローを評価する．

7.2 農作物副産物，家畜糞尿などの肥料として利用可能な有機物の処理，利用

堆厩肥として利用可能な有機物資源の処理，利用を表 7.1 に示した．

資源の総量は 266 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，化学肥料の施用量 93 kg N ha^{-1} yr^{-1} の 2.7 倍にも達する．その内訳を見ると，農作物副産物，家畜糞尿，し尿・生ゴミが，それぞれ 40 %，52 %，8 %を占める．里美村は牛の飼育頭数が多く，そのため，家畜糞尿の生産量が多い．また，放牧地，牧草地におけるリター，刈り株が多いため，農作物副産物も多い．一方，人口が少ないため，し尿・生ゴミの生産量は少ない．

農作物副産物は堆厩肥としての利用はわずか 2 %であり，98 %は農地に直接投入されていた．

表7.1　1985年茨城県里美村における堆厩肥となりうる有機物資源の処理（kg N ha^{-1} yr^{-1}）

処理	農作物副産物		家畜糞尿		し尿・生ゴミ		合計	
自給用の堆厩肥	2 2%	2%	85 98%	61%	0 0%	0%	87 100%	33%
農地への直接投入	105 96%	98%	0 0%	0%	4 4%	20%	109 100%	41%
堆厩肥としての販売，交換	0 0%	0%	41 100%	29%	0 0%	0%	41 100%	15%
処理場・廃棄	0 0%	0%	13 45%	9%	16 55%	80%	29 100%	11%
合計	107 40%	100%	139 52%	100%	20 8%	100%	266 100%	100%

堆厩肥の原料となるのは主に稲藁であるが，水田面積が少なく，稲藁の生産量は少ない．そのため，殆どが地域内で消費され，堆厩肥の原料として販売・交換する量がない（附表 11-3 参照）．一方，放牧地で食べられずに残った草および牧草地の刈り株の窒素量は多く，さらに，その放牧地と牧草地の面積が，里美村の農地面積の約 40 %を占めるため，農地への直接投入の窒素量（105 kg N ha^{-1} yr^{-1}）のうち，この放牧地および牧草地の残渣が 85 %（89 kg N ha^{-1} yr^{-1}）を占める（附表 4-1 参照）．それが多量の農地への直接投入をもたらしている．

家畜糞尿の 61 %は自給用堆厩肥に，29 %は堆厩肥の原料として販売，交換されており，堆厩肥として農地に還元される率が高く，廃棄されている家畜糞尿は 9 %である．家畜糞尿の生産量は 139 kg N ha^{-1} yr^{-1} と多く，そのまま地域内の農地に施用した場合，かなりの窒素供給量になる．しかし，家畜糞尿の一部が堆厩肥として販売および交換がなされており，自給用堆厩肥への利用量

が低くなっている．つまり，多量に発生している家畜糞尿を他の地域に搬出することにより，地域内に供給される家畜糞尿量を低く押さえていると見ることができる．それでも，自給用堆厩肥に利用される窒素量は化学肥料の施用量の 87 %であり，かなりの窒素量が農地に供給されていることがわかる．

し尿・生ゴミは生産量は 80 %が処理場で処理されており，農地への利用は 20 %である．里美村は農家人口が総人口の 74 %を占めるため，し尿・生ゴミの農地への利用量が牛久沼集水域や取手市より高く見積もられている．現在の日本では，し尿・生ゴミの処理施設が整備されており，し尿・生ゴミの農地への利用は一般的にはかなり低い．このことを考慮すると，里美村におけるし尿・生ゴミの農地への利用率は高いものと考えられる．

し尿・生ゴミの処理場で処理される率は高いが，その生産量が低いため，廃棄となる窒素量はかなり低い．また，農作物副産物および家畜糞尿の廃棄される率が低いため，その廃棄される窒素量は少ない．これらの要因が重なり，廃棄される窒素量が 29 kg N ha^{-1} yr^{-1} と低くなったのである．

里美村では，堆厩肥となりうる有機物資源の 89 %は農地に投入されている．33 %は自家製堆厩肥として，41 %は鋤込みにより，15 %は地域外の農地に投入され，利用形態は様々であるが，資源の利用率はかなり高いといえる．

このように農地に投入される率が高いことは，資源の有効利用になり，環境を保全することになるが，このような多量の窒素を農地が受け入れることができるかどうかが問題となる．これについて，次節で述べる．

7.3 農地における窒素収支

農地に施用された有機物資源の窒素がどれだけ作物生産に利用されたのかを明らかにするため，農地における窒素収支を求めた（表 7.2）．

農地への窒素のインプットは，合計 348 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，それに対し，アウトプットは 239 kg N ha^{-1} yr^{-1} である．従って，過剰な窒素量は 109 kg N ha^{-1} yr^{-1} と見積もられる．

この過剰な窒素量が農地から流出すると，環境を汚染するが，その量は化学肥料の施用量より多く，かなりの窒素量である．

農地への窒素のインプットのうち，化学肥料が 27 %，自家製堆厩肥が 20 %であり，堆厩肥による窒素供給量が化学肥料に匹敵していることがわかる．

表7.2　農地における窒素収支
－茨城県里美村，1985年－

		(kgN ha^{-1} yr^{-1})	
インプット	348		
化学肥料		93	27%
自家製堆厩肥		70	20%
購入堆厩肥		8	2%
鋤込み		105	30%
し尿・生ゴミ		4	1%
窒素固定		46	13%
雨		13	4%
灌漑水		9	3%
アウトプット	239		
作物吸収		197	57%
脱窒		42	12%
過剰な窒素	109		31%

鋤込みによる窒素供給量は 105 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，インプットの 30 %を占め，化学肥料による窒素供給量より多い．これは作物吸収量が高く，その残渣が鋤き込まれるためである．農地内での循環が多いことが牛を多く飼育している山間地域の特徴であると考えられる．

自家製堆厩肥，鋤込み，し尿・生ゴミは循環系の構成要素から供給されるものであり，これらは窒素の総インプットの 51 %を占めており，養分の循環利用がかなりなされていると評価される．

これらの窒素量の合計は 179 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，作物により吸収される窒素量は 197 kg N ha^{-1} yr^{-1} に匹敵する．すなわち，循環系の構成要素から供給される窒素量で作物生産に必要な窒素量を賄うことができることがわかる．このことは，化学肥料の施用量を行わなくても作物生産は可能であることを示している．しかしながら，化学肥料が施用され，結果として，多量の窒素が農地に余ることになる．

この多量な過剰窒素は，多量の窒素のインプットに由来している．単純に化学肥料に原因を求めることはできない．例えば，自家製堆厩肥の施用量が化学肥料の施用量に匹敵しており，この多量の堆厩肥を里美村の農地が許容するのは難しいと評価できる．

堆厩肥の原料は家畜糞尿であり，その源は家畜飼料である．それが地域外から供給されたものであれば，それから作られた堆厩肥を地域内の農地に施用することは，農地に過剰な窒素を供給することになる．そこで，里美村における窒素の出入りを明らかにする必要がある．

7.4 地域の窒素循環への窒素の出入り

里美村における地域外との窒素の出入りを図 7.2 に示した．

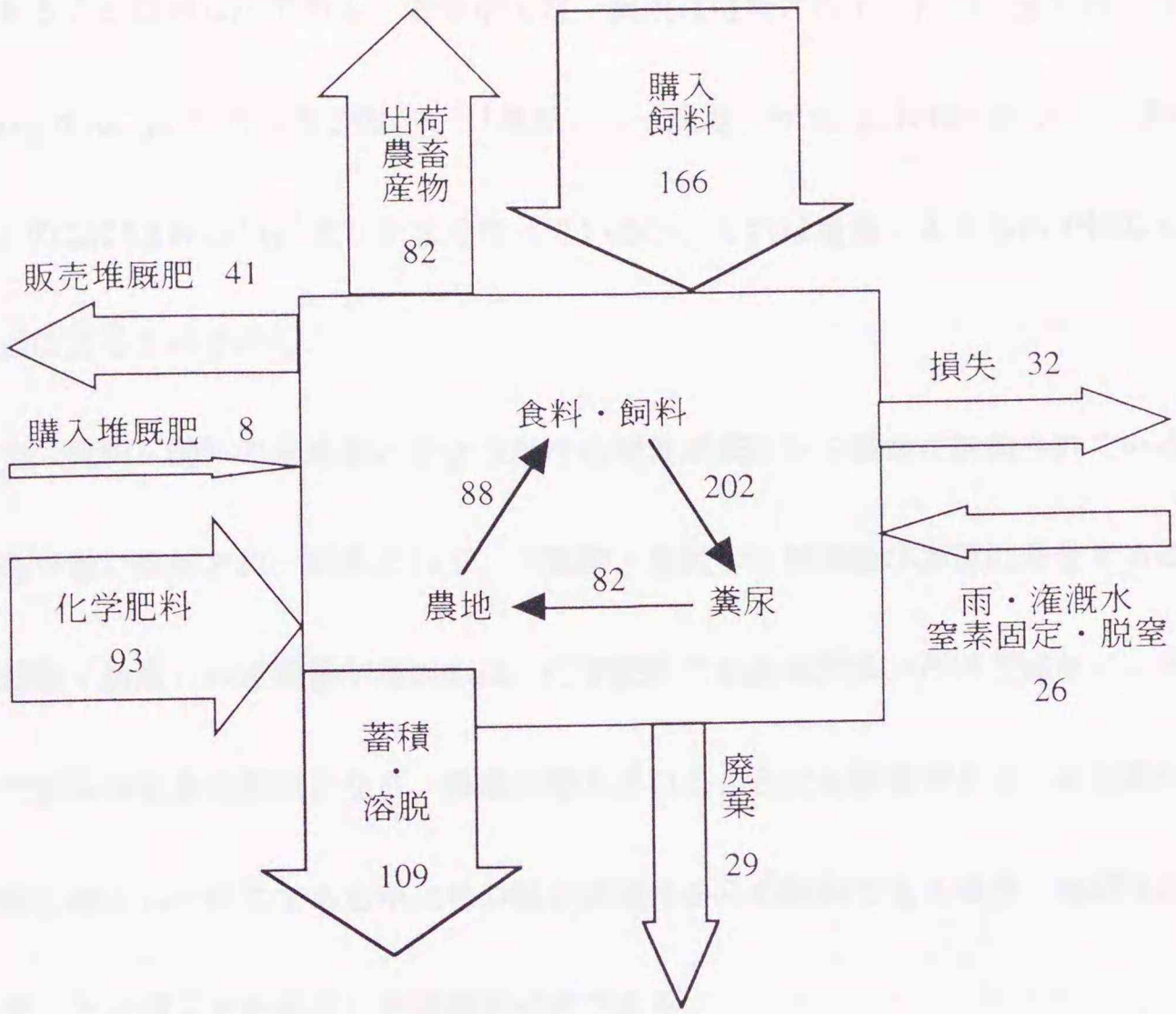


図7.2　里美村における地域外との窒素の出入り（kgN/ha/年）

農地→食料・飼料：農作物主産物量
食料・飼料→糞尿：食料・飼料の消費量
糞尿→農地：農地投入量－農作物副産物の鋤込み量

窒素の出入りの中で最も多いものは「購入飼料」であり，166 kg N ha^{-1} yr^{-1} である．それに対し，「出荷農畜産物」は 82 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，家畜飼料の供給に伴い，84 kg N ha^{-1} yr^{-1} もの窒素が地域外から流入していることになる．

地域内の窒素は「農地」→「食料，飼料」→「糞尿」→「農地」で循環している．その窒素の移動量は「糞尿」→「農地」，「農地」→「食料，飼料」でそれぞれ 82 kg N ha^{-1} yr^{-1}，88 kg N ha^{-1} yr^{-1} である．しかし，「食料，飼料」→「糞尿」は 202 kg N ha^{-1} yr^{-1} と多くなっている．

この「食料，飼料」→「糞尿」の窒素量が多くなっているのが，地域外からの飼料の供給によるものであることは明らかである．取手市では，糞尿は廃棄されていたが，里美村では廃棄される量は 29 kg N ha^{-1} yr^{-1} とかなり少ない．「糞尿」→「農地」が 82 kg N ha^{-1} yr^{-1} と，「食料・飼料」→「糞尿」の 202 kg N ha^{-1} yr^{-1} より少なくなっているが，それは廃棄によるものではなく，堆厩肥の販売などによるものである．

こうして，食料・飼料の生産量に見合うだけの窒素が糞尿から農地に供給されているが，「化学肥料」も多量に供給され，結果として，「蓄積・溶脱」の窒素量が多量に発生することになる．

この「蓄積・溶脱」の窒素量が多いのは，化学肥料の施用量が多いだけではなく，地域外から供給された飼料の窒素が糞尿となり，農地に投入されることにも原因がある．家畜糞尿は地域内の窒素資源と考えられがちであるが，その源が地域外からの飼料である場合，地域外から糞尿を持ち込んだことと同じであることを認識すべきである．

廃棄による環境汚染が少ないことは評価できる．しかし，農地に投入したからといって，環境汚染を引き起こす窒素がなくなるわけではない．「蓄積・溶脱」を少なくするために，化学肥料の施用量と共に，家畜糞尿の農地投入量も減らすことが必要である．

地域外から家畜飼料が供給されているのであるから，その地域に糞尿を還元することが有効な対策と考えられる．既に，「購入堆厩肥」に比べて，「販売堆厩肥」の窒素量が多く，地域外に家畜糞尿を搬出する経路が存在している．これをより促進することにより，農地に投入する家畜糞尿の量を適正に抑えることが可能と考えられる．

7.5　里美村における窒素循環の特徴

里美村における窒素フローの特徴を明らかにするため，フロー量の多い部分に限定して窒素フローを示した（図 7.3）．

里美村の循環系は 3 経路が認められた．「農地」→「農作物副産物」→「農地投入」→「農地」および「農地」→「農作物主産物」→「畜産」→「堆厩肥」→「農地投入」→「農地」の経路は里美村の中で完結している循環系である．そして，「農地」→「農作物主産物」→「出荷農畜産物」→「購入食料飼料敷料」→「畜産」→「堆厩肥」→「農地投入」→「農地」が認められる．

「農地」→「農作物主産物」→「出荷農畜産物」→「購入食料飼料敷料」→「畜産」→「堆厩肥」→「農地投入」→「農地」の経路は循環系であるが，地域外から持ち込まれた飼料・敷料が加わり，畜産に供給される購入飼料・敷料の窒素量がかなり多くなっている．そして，それが家畜糞尿となり，里美村の農地に投入され，多量の「蓄積・溶脱」の窒素をもたらしているのである．

都府県の酪農家では，飼料の 80 %を購入し，それから発生する糞尿の 70 %は農地に施用し，販売される率はわずか 15 %である（築城・原田，1996）．その農地における窒素の過剰供給量は 354 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，農地から流出する窒素による環境汚染は深刻なものになることが予想される．その他の報告でも，施肥，飼料の購入は行われるため，糞尿の持ち出しがない限り，農地からかなりの窒素が流出することが見積もられている（Aarts et al., 1992；大村，1996；Shiyomi et al., 1992）．

資源の循環利用を確立するためには，地域外から持ち込んだ飼料・敷料と同量の窒素を地域外

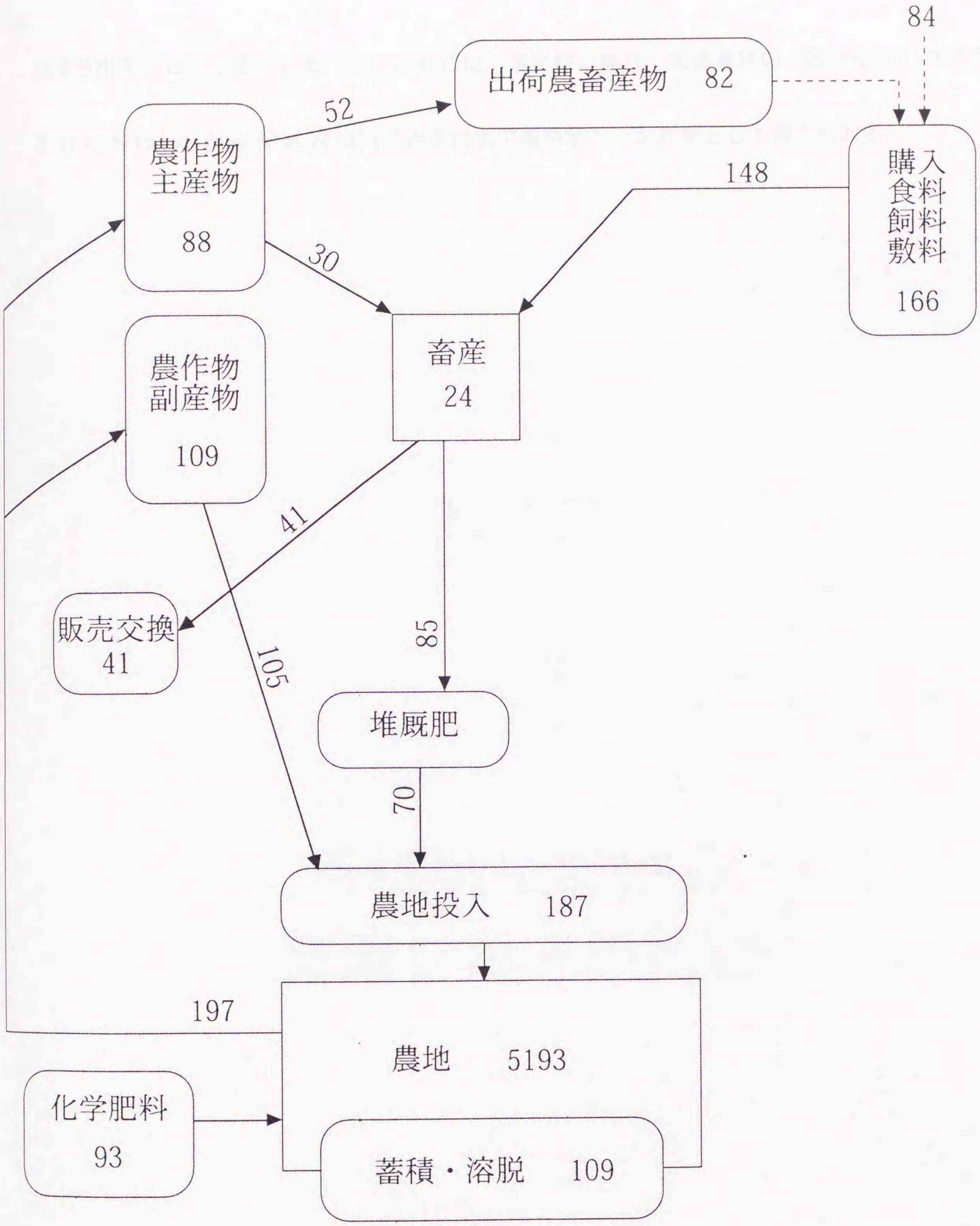


図7.3　里美村における窒素フローの主要経路

□ 現存量　○ フロー量

農地面積当たり
(kg N ha^{-1} yr^{-1})

に持ち出すことが必要である．そのためには，里美村の場合，家畜糞尿の「販売交換」の窒素量を 41 kg N ha^{-1} yr^{-1} から 80 kg N ha^{-1} yr^{-1} 程度にまで増やすことが対策として考えられる．

第８章

各地域における
窒素フローの比較

これまで，各農村地域における窒素フローを明らかにしてきたが，本章では，これらの比較を行う．これにより，窒素フローの地域ごとの違いが明瞭になり，地域の窒素フローの特徴がより明らかになる．

まず，農地に投入可能な有機物資源の利用状況について比較する．次に，農地における窒素収支について比較し，農地から環境にどれだけ窒素が流出しているのかを見る．さらに，地域に入る窒素と出る窒素の比較を行う．最後に，地域の窒素循環の特徴を比較する．

8.1 堆厩肥として利用可能な有機物資源の処理，利用の比較

堆厩肥として利用可能な有機物資源の生産量および処理，利用状況を牛久沼集水域，取手市，里美村で比較する（図 8.1）．

牛久沼集水域における有機物資源の総生産量は 142 kg N ha^{-1} yr^{-1} である．農作物副産物，家畜糞尿，し尿・生ゴミともにほぼ同量生産されている．取手市の有機物資源の総生産量は 398 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，牛久沼集水域の 3 倍近い窒素量である．このうちの 334 kg N ha^{-1} yr^{-1} はし尿・生ゴミである．取手市では，し尿・生ゴミが極端に多く，それにより総生産量が多くなっていることがよくわかる．里美村では，有機物資源の総生産量が 266 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，牛久沼集水域の約 2 倍である．この中で最も多いのが家畜糞尿であり，139 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，牛久沼集水域のおよそ 3 倍になる．また，農作物副産物の生産量も多く，牛久沼集水域のおよそ 2.5 倍になる．

次に，有機物資源の処理，利用状況を見ると，牛久沼集水域では，有機物資源のおよそ半分が農地に施用され，残り半分が廃棄されている．取手市では，殆どが廃棄されており，既に述べて

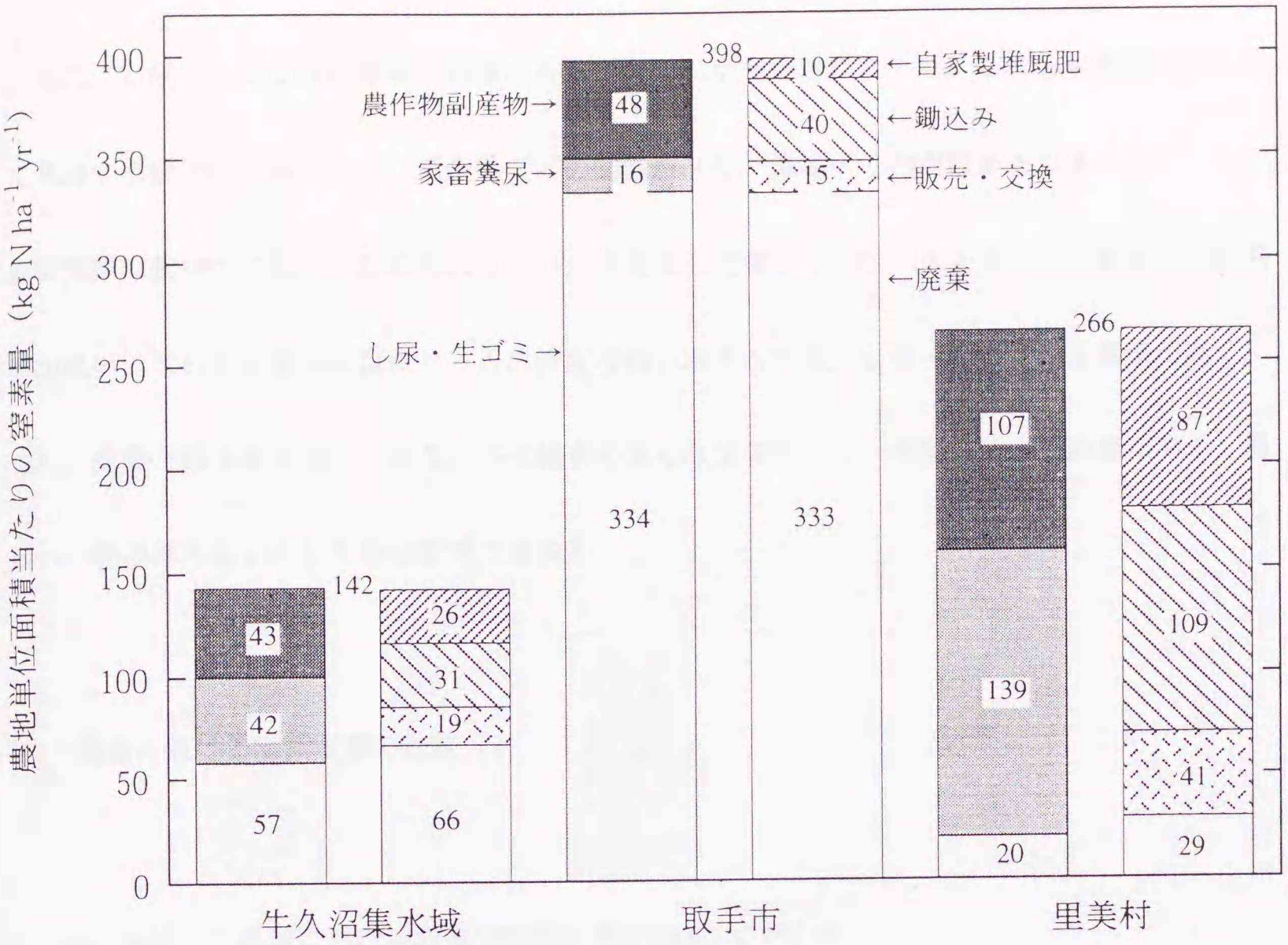


図8.1　有機物資源の生産量と処理・利用量の比較

きたように，し尿・生ゴミの殆どが廃棄されていることに由来する．この廃棄される窒素量は，牛久沼集水域の約 5 倍にもなる．里美村では，有機物資源のほとんどが農地に施用されており，廃棄される窒素量はかなり少なく，牛久沼集水域の約 1/2 である．

平地農村地域である牛久沼集水域では，どの有機物資源の生産量が多いということはない．農地が広がり，家畜が使用され，人が生活しており，これら農地，家畜，人の要素がどれも存在することが，平地農村地域の特徴といえる．また，農地が広いため，農地の単位面積当たりの有機物資源量が低くなることも特徴である．家畜糞尿やし尿などを農地に受け入れるためには，農地の確保が重要である（三輪・小川，1988）．取手市，里美村では，農地面積が狭く，それに対し，人口，家畜の飼養頭数が多い．これが有機物資源の生産量の違いとなって現れている．

現在，し尿・生ゴミは処理場で処理されるシステムが完備されている．これらを養分資源として利用する動きはあるものの，重金属などの問題があり，農地への利用はあまり多くない．一方，家畜糞尿は農地への施用が勧められており，処理場も完備していないこともあり，農地への利用率が高い．これらの要因が重なり，人口密度の高い取手市では，し尿・生ゴミの生産量が高く，また，廃棄される率が高い．また，牛の飼育の盛んな里美村では，家畜糞尿の生産量が高く，農地への利用率も高いという特徴が見て取れる．

8.2 農地における窒素収支の比較

3つの地域での農地における窒素収支の比較を図8.2に示した．

まず，里美村では，農地における窒素のインプットの量が，牛久沼集水域や取手市より多い．これは，鋤込みと自家製堆厩肥の窒素量が多いことに起因する．

ここで，鋤込みにより農地に供給される窒素は，元々，作物により吸収された窒素である．つまり，農地ないで循環する窒素といえる．そこで，鋤込みによる窒素を除いて，窒素収支を見ることにする．具体的には，鋤込みの窒素量を作物吸収の窒素量から差し引いて，窒素収支を捉える．

肥料として供給される窒素量は化学肥料，自家製堆厩肥，購入堆厩肥およびし尿・生ゴミである．牛久沼集水域と取手市では，作物吸収量（図8.2の作物吸収量から鋤込み量を引いた窒素量）の約1.5倍の窒素量が肥料により供給されていることがわかる．それに比べ，里美村では，自家製堆厩肥による窒素供給量が多く，作物吸収量の2倍の窒素量が肥料により供給されていた．

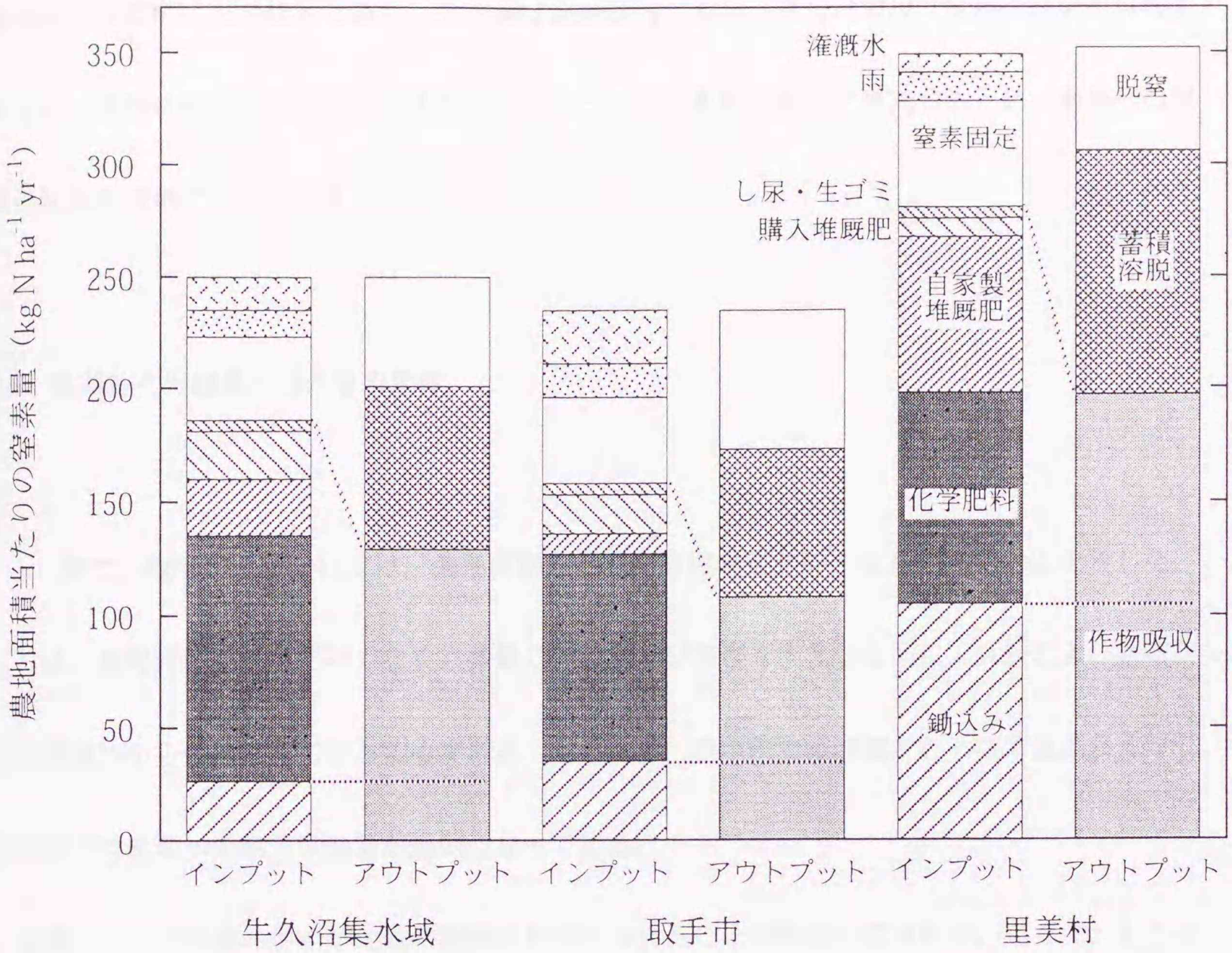


図8.2　農地における窒素のインプットとアウトプットの比較

牛久沼集水域および取手市では，肥料として投入されている窒素のうち，化学肥料が占める率が高い．蓄積・溶脱の窒素量を減らし，環境に流出する窒素を低減するには，この化学肥料の施用量を低く抑えることで，対応できると考えられる．

里美村では，多量の家畜糞尿を自家製堆厩肥に加工し，農地に投入している．そのため，窒素収支を見ると，作物吸収量を大きく越える窒素量を供給することになり，結果として，蓄積・溶脱の窒素量が多くなっている．

里美村では，多量の自家製堆厩肥と作物吸収量のバランスが取れていないことがわかる．自家

製堆厩肥の原料は家畜糞尿であり，その源は家畜飼料である．里美村では，家畜の飼育を維持するため，飼料を他の地域から持ち込んでいる．これを里美村の農地に還元するため，農地への窒素供給量が過剰になるのである．

8.3 地域外との窒素の出入りの比較

8.1 節で，取手市と里美村では，農地面積当たりの有機物資源の生産量が多いことを示した．これは，農地面積が狭いだけでなく，多量の人口および家畜を支えるために，食料および家畜飼料が地域外から供給されているためである．そのため，取手市では廃棄される窒素量が多くなり，里美村では農地への窒素供給量が過剰になっている．

地域外からの窒素の供給が地域の環境に負荷を与えることがわかってきたが，ここで，3 つの地域において，地域に入る窒素と出ていく窒素を比較し，どれだけの窒素が地域に持ち込まれているのかを見ることにする．

図 8.3 は地域における窒素の入出を示したものである．地域に入る窒素には購入食料飼料と購入堆厩肥，出ていく窒素には他の地域で堆厩肥として利用される家畜糞尿や藁および農作産物の出荷を項目としてあげた．この他にも脱窒，窒素固定などがあげられるが，有機物管理の視点から，この４つの項目に限定した．

地域に入る窒素の総量から地域から出ていく窒素の総量を引いた量が地域への過剰な窒素流入量と見なすことができる．

これらを比較すると，まず，取手市の購入食料飼料の窒素量が際だって多いことがわかる．そ

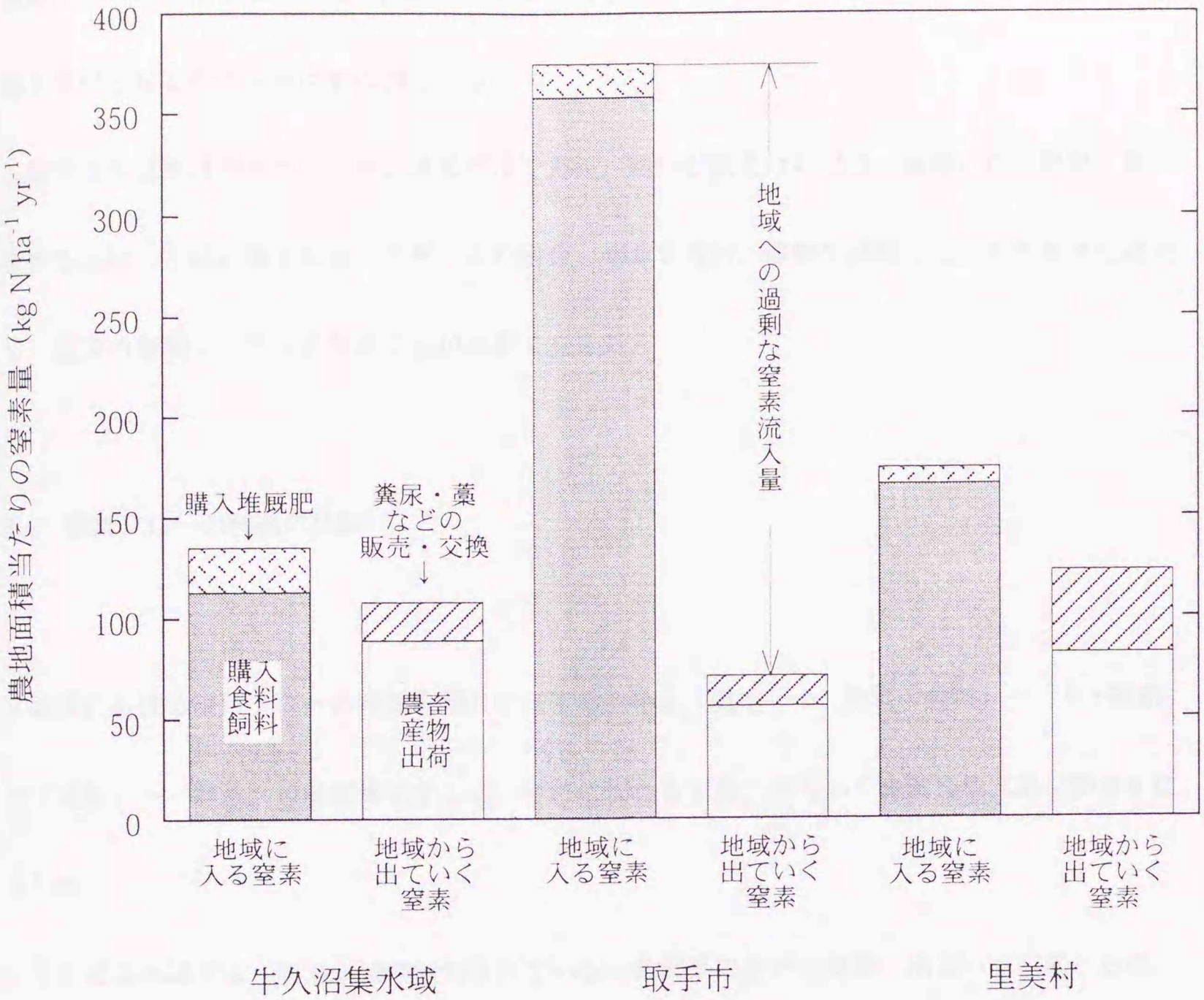


図8.3　地域に入る窒素と地域から出ていく窒素の比較

のため，取手市への過剰な窒素流入量が多くなっている．この窒素の出入りのバランスを取ることが必要であることがわかる．

里美村でも購入食料飼料が多く，それにより，里美村への過剰な窒素流入量が多くなっている．しかし，家畜糞尿を持ち出しているため，過剰な窒素流入量がさほど多くなっていない．

里美村の例が示すように，地域から持ち出す窒素量を多くすることにより，地域における窒素の出入りのバランスを取ることができ，過剰な窒素流入量を減らすことが可能となる．それには

糞尿などの持ち出しだけでなく，農作物として持ちだしても良いはずである．農地に残存した窒素を吸収させる作付体系はその例である．

取手市や里美村のように，その地域だけで食料，飼料が賄えない場合，地域外から食料，飼料を持ち込むことは必要である．ただ，この場合，窒素を食料，飼料を供給してくれた地域に還元し，窒素の循環システムを作ることが必要である．

8.4 窒素フローの特徴の比較

地域における窒素フローの特徴を明らかにするため，「農地」→「食料・飼料」→「人・家畜」→「糞尿」→「農地」の循環系を中心に，それに加わる窒素と出ていく窒素を模式的に図 8.5 に示した．

牛久沼集水域では，窒素が循環利用されている．循環系に加わる窒素，出ていく窒素ともに，極端に多量な窒素量は見あたらない．しかし，取手市では，食料供給過程において，多量の窒素が流入し，すぐに，糞尿の処理過程で廃棄されている．里美村では，食料供給過程において，流入した多量の窒素が，農地に投入され，そこで蓄積もしくは溶脱となって，循環系から多量の窒素が出ていっている．ただ，糞尿の一部を地域外に持ち出し，糞尿の農地への投入量が低く抑えられている．

このような特徴は，地域における農地の広がり，人口及び家畜の飼養頭数のバランスと深い関係がある（表 8.1）．牛久沼集水域は，農地面積当たりの人口が 14 人 ha^{-1}，牛の飼養頭数が 0.16 頭 ha^{-1}，豚の飼養頭数が 1.97 頭 ha^{-1} であり，この状態であれば，窒素が循環できるように，有機

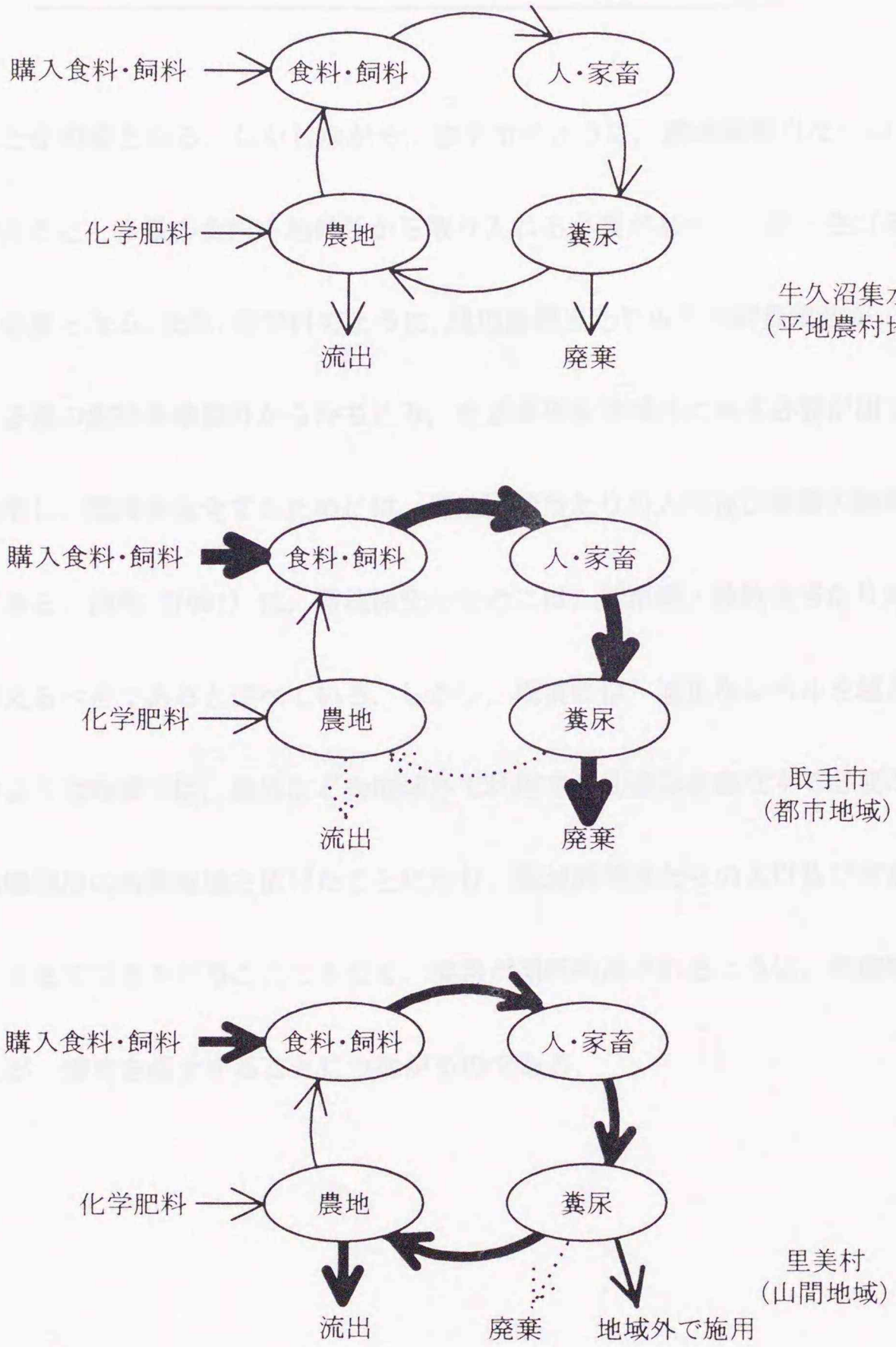


図8.4　各地域における窒素循環の特徴

表8.1　農地面積当たりの人口および家畜の飼養頭数の比較

	牛久沼集水域	取手市	里美村	
人口	14	82	5	人 ha^{-1}
牛	0.16	0.08	1.62	頭 ha^{-1}
豚	1.97	0.13	0.29	頭 ha^{-1}

物を利用することが可能となる．しかしながら，取手市のように，農地面積当たりの人口が 82 人 ha^{-1} にまで増えると，多量の食料を地域外から取り入れる必要があり，し尿・生ゴミを地域外に返す仕組みが必要となる．また，里美村のように，農地面積当たりの牛の飼養頭数が 1.62 頭 ha^{-1} と多くなると，多量の飼料を地域外から持ち込み，家畜糞尿を地域外に返す必要が出てくる．

窒素を循環利用し，環境を保全するためには，農地面積当たりの人口及び家畜の飼養頭数を適正にする必要がある．西尾（1991）は，環境保全のためには，採草地・放牧地当たりの牛の飼育頭数を 2 頭に抑えるべきであると述べている．しかし，現実には，適正なレベルを越えている地域があり，そのような地域では，糞尿などを地域外で利用する仕組みを確立する必要がある．これは，窒素の循環利用の対象地域を広げたことになり，農地面積当たりの人口及び家畜の飼養頭数を適正なレベルまで引き下げることにもなる．窒素が循環利用されるように，有機物の処理・利用を行うことが，環境を保全することにつながるのである．

第９章

環境負荷の評価

これまで，3 つの地域における窒素フローを求め，それぞれの特徴を明らかにしてきた．本章では，これらの窒素フローの評価を行う．

具体的には，二つの方法で評価を行う．一つめは，既存の研究成果の窒素フローと本研究で明らかにした窒素フローの比較である．もう一つは，河川の水質汚染への影響を評価する．

作物生産にかかわる窒素フロー，具体的には「農地」→「食料・飼料」→「糞尿」→「農地」の循環系とそれに関わる窒素フローを明らかにする研究において，農村地域を対象とした研究は数が少なく，それも，普通の農業地域ではなく，酪農地帯を対象としている．この他に，比較可能な窒素フローとしては，国における食料・飼料の供給に伴う窒素フローがある．また，酪農家における窒素フローも有機物の利用状況を明らかにしている．そこで，9.1 節で，これらの様々な地域における窒素フローと本研究の窒素フローを比較し，評価を行う．

河川への水質汚染への影響は，本研究の窒素フローから，河川の水質に負荷する窒素濃度を見積もることにより評価する．「廃棄」された窒素はその処理形態により，大気，水系を汚染する．また，「蓄積・溶脱」の窒素量は，農地から流出することにより，環境を汚染する．これらの窒素が河川に流れ込めば，水質汚染となり，窒素濃度を高める．この河川水質の窒素濃度の見積もりと評価を 9.1 節で行う．

ここで，この 9.1 節で見積もられた河川水質の窒素濃度と実際の河川水質を比較することにより，本研究の窒素フローの推定精度を評価することができる．河川水質のデータがあるのは牛久沼集水域だけであるため，この比較は 1 例のみとなり，十分とはいえないが，推定精度の指標となると思われる．

9.1　様々な地域における窒素フローとの比較による評価

9.1.1　農業地域における窒素フロー

本研究で明らかにした3つの農村地域における窒素フローと北海道の畑作酪農地帯における窒素フロー（大村，1996）を図9.1に示した．

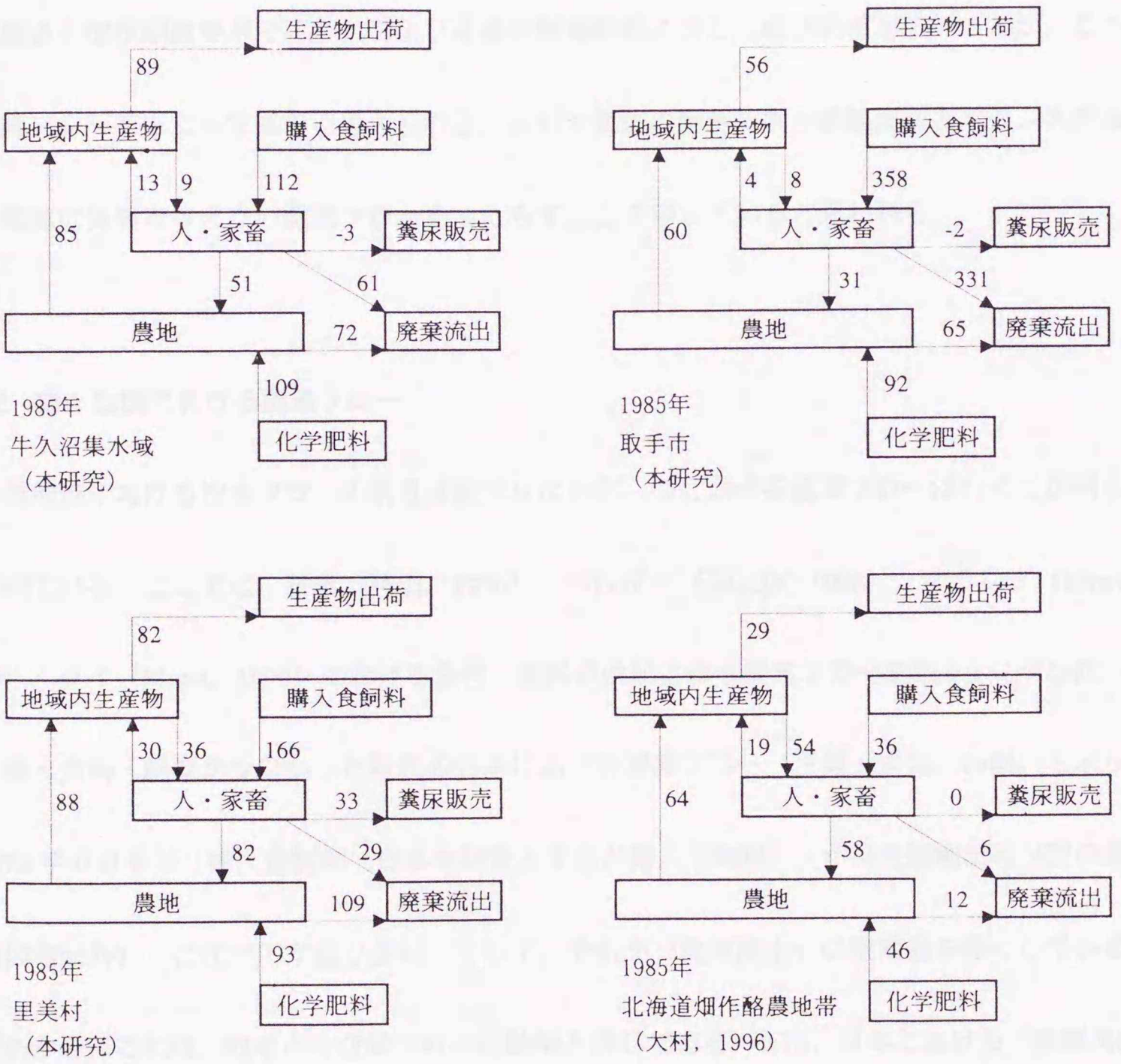


図9.1　様々な農業地域における食飼料生産に伴う窒素フロー（kgN/ha/yr）
注：比較のため，農地面積当たりの窒素量に換算してある．
　　脱窒，窒素固定，損失などが入っていないため，収支は合わない．

北海道の畑作酪農地帯では，「廃棄流出」の窒素量が少なく，本研究の 3 つの地域に比べ，環境汚染がかなり低いことがわかる．これは，「化学肥料」と「購入食飼料」の窒素量が少ないためと思われる．それに対し，「農地」→「地域内生産物」→「人・家畜」→「農地」で循環している窒素量が多い．この循環している窒素量が多いことは，本研究が対象とした 3 地域と大きく異なる点である．

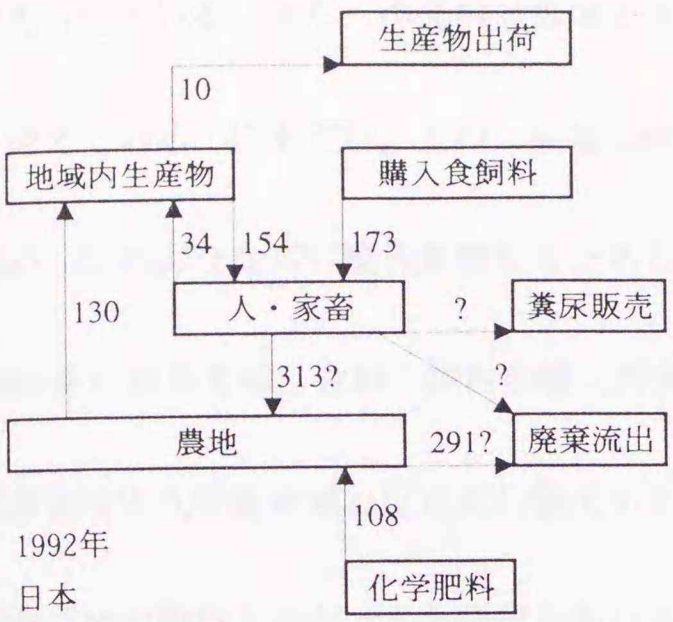
北海道の畑作酪農地帯では，人および家畜の飼養頭数に対し，農地面積が広いことが，この様な窒素フローをもたらすものと考えられる．人口や家畜の飼養頭数と農地面積のバランスが良いと，環境に負荷を与えない窒素フローをもたらすことを示していると思われる．

9.1.2 様々な国における窒素フロー

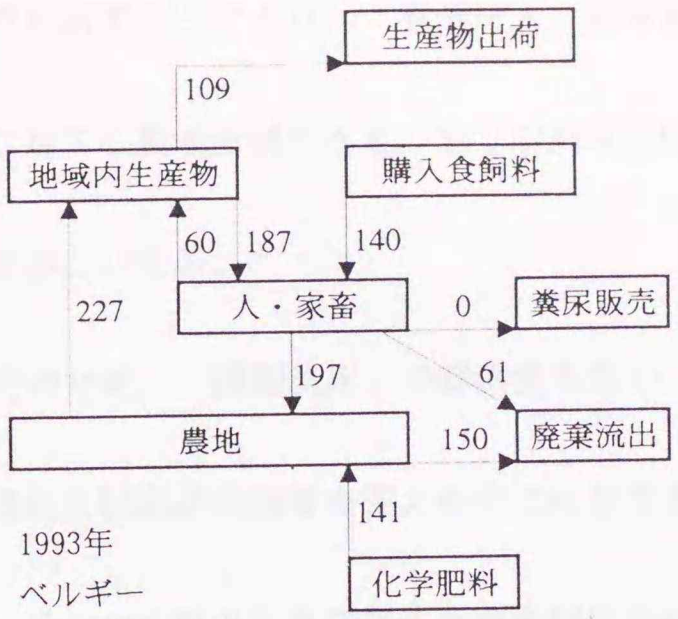
農業地域における窒素フローの研究は数が少ないが，国における窒素フローはいくつか明らかにされている．ここでは，日本（袴田，1996），ベルギー（OECD，1996），オランダ（Miwa，1990），タイ（Miwa，1990）における食料・飼料の供給に伴う窒素フローを図 9.2 に示した．また，輸入食料・飼料が少なかった時代の日本における窒素フロー（三輪・岩元，1988）も示した．

1992 年の日本は「購入食飼料（日本を対象とすると輸入食飼料）」が「生産物出荷（国の場合は輸出食飼料）」に比べてかなり多い．そして，それが「廃棄流出」の窒素量を多くしていることがわかる．これは，取手市の窒素フローの特徴と同じである．また，日本における「廃棄流出」の窒素量は，取手市より少ないものの，牛久沼集水域，里美村に比べるとかなり多い量である．むしろ，日本の平均に比べると，牛久沼集水域と里美村は環境負荷が低い地域であるといえる．

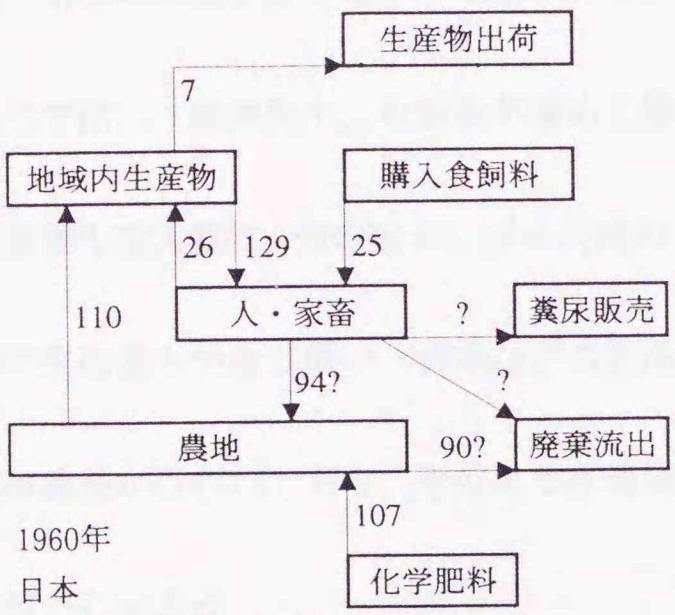
牛久沼集水域は人口，家畜の飼養頭数に比べ，農地面積が広いため，「廃棄流入」窒素量が低



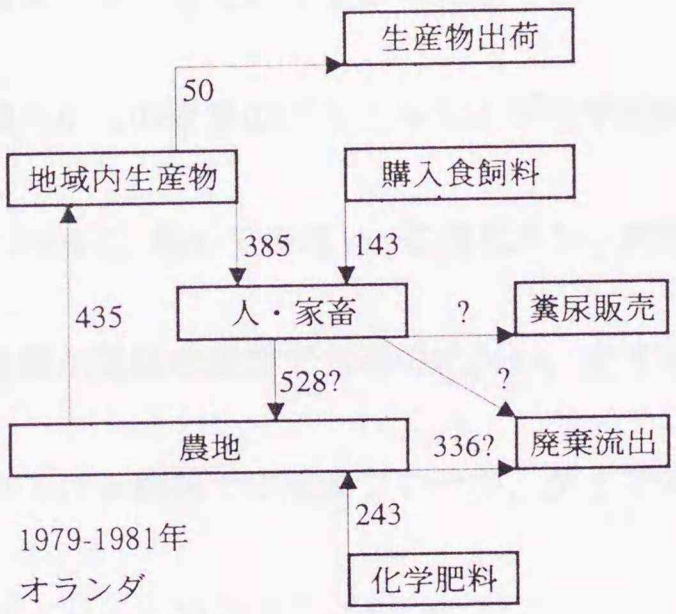
1992年
日本
（袴田，1996）



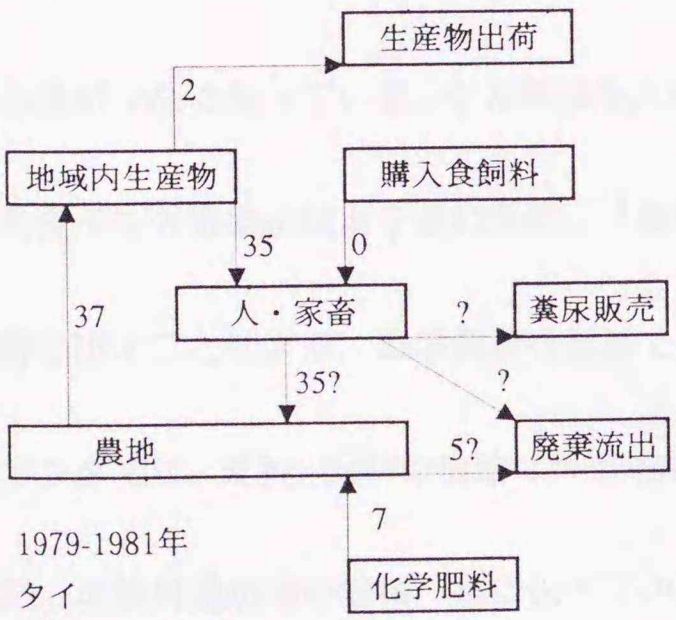
1993年
ベルギー
（OECD，1996）



1960年
日本
（三輪・岩元，1988）



1979-1981年
オランダ
（Miwa, 1990）



1979-1981年
タイ
（Miwa, 1990）

図9.2　様々な国における食料・飼料の供給に伴う窒素フロー（kgN/ha/yr）

注：比較のため，農地面積当たりの窒素量に換算してある．脱窒，窒素固定，損失などが入っていないため，収支は合わない．

く抑えられている．また，里美村は糞尿を地域外に持ち出すことにより，「廃棄流入」窒素量を低く抑えている．日本では，人口，家畜の飼養頭数に対する農地面積の不足，全ての糞尿の国内処理が，このような高い環境負荷をもたらしているものといえる．

1960 年の日本では，食料・飼料の輸入が少なく，そのため，「廃棄流出」の窒素量も低い．この窒素量は牛久沼集水域とほぼ同じ量である．食生活および家畜の飼養を支えるのに必要な食料は国内生産で賄うことができた時代ともいえる．そして，1960 年の日本や牛久沼集水域における人口，家畜の飼養頭数と農地面積がバランスの良い窒素フローをもたらすといえる．

タイでは，「廃棄流出」の窒素が極めて低い．地域外からの窒素の持ち込みおよび化学肥料による窒素の投入量は，他の国および本研究の 3 地域と比べて，極めて少ない．これに伴い，食料・飼料の生産量もかなり低い．日本などの先進国での農業が集約的農業であるのに対し，タイでは粗放型農業が行われており，そのような農業が行われている地域での窒素フローが，タイでの窒素フローといえる．

ベルギーでは「生産物出荷」の窒素量が多く，食料・飼料の供給に伴う地域外からの窒素の持ち込み量が少なくなっている．その量は牛久沼集水域とほぼ同じである．ベルギーは「化学肥料」の施用量が牛久沼集水域より多いため，「廃棄流出」の窒素量が多くなっているが，窒素を地域外に持ち出すことにより，環境負荷を低減できることがわかる．

オランダでは，食料・飼料の供給に伴う地域外からの窒素の持ち込みが多い．それに加え，「化学肥料」の施用量が他の地域，国に比べてかなり多い．そして，これが，多量の「廃棄流出」の窒素量となって現れている．食料・飼料の生産量が 435 kg N ha^{-1} yr^{-1} もあり，これを支えるためには，多量の施肥が必要なのであろうが，それでは，環境保全が成り立たないことを，この窒素

フローが示している.

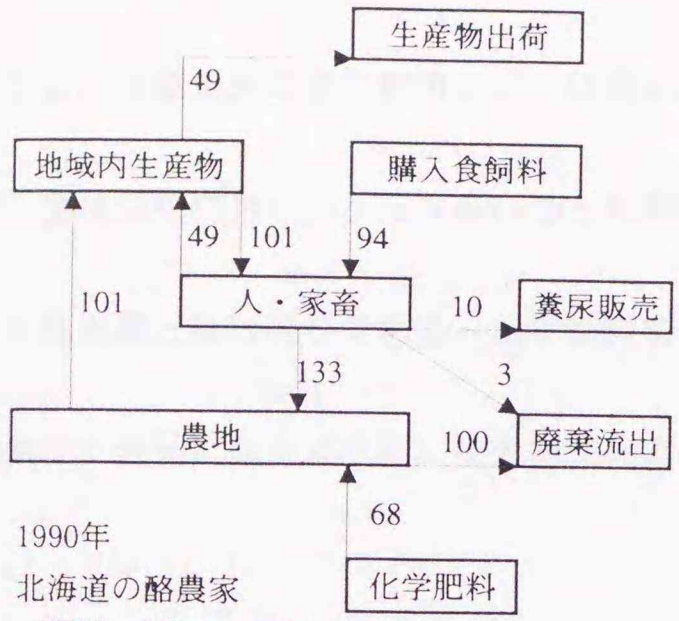
9.1.3 酪農家における窒素フロー

酪農家は農業地域ではないが，農地と家畜が存在する農業システムであり，農業地域における窒素フローとの比較が可能である．具体的には，北海道の酪農家（築城・原田，1996），都道府県の酪農家（築城・原田，1996）およびオランダの酪農家（Aarts et al.，1992）における窒素フローを図 9.3 に示した．また，放牧草地も農地と家畜のシステムであり，ここにおける窒素フロー（杉本ら，1987）も示した.

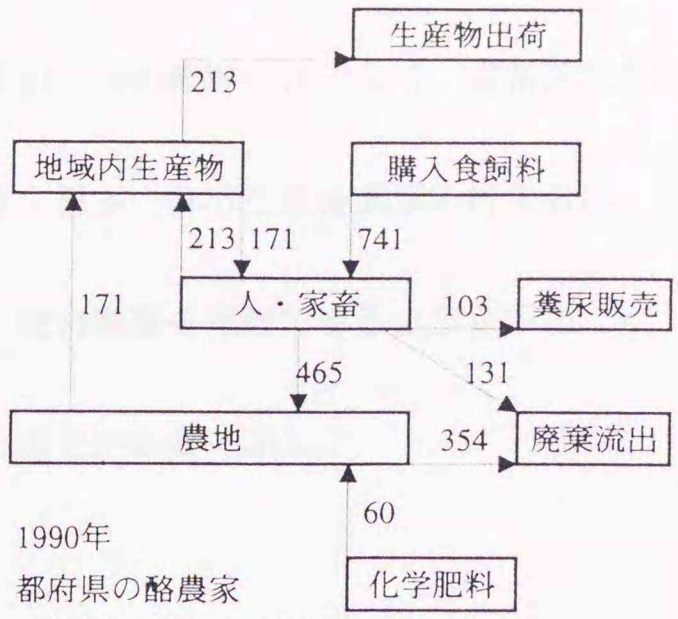
北海道の酪農家は「廃棄流出」の窒素量が少なく，都府県の酪農家の「廃棄流出」窒素はかなり多い．これは，飼料供給に伴う窒素の流入の違いによるものである．すなわち，購入飼料が家畜糞尿となり，農地に多量に施用され，作物に吸収されずに農地に残存し，農地から流出する過程を通る．これは，里美村の窒素フローの特徴である．また，都府県の酪農家では，糞尿が多く販売されており，これも，里美村で見られた特徴である.

オランダの酪農家では，飼料の購入より，化学肥料の施用による窒素の供給量が多い．すなわち，「化学肥料」→「農地」→「飼料」→「家畜」→「糞尿」→「廃棄」の経路をたどる．日本の酪農家および畜産の盛んな地域とは異なる経路が認められる．この経路は，オランダの国における食料・飼料の供給に伴う窒素フロー（図 9.2）にも認められ，オランダの特徴かもしれない.

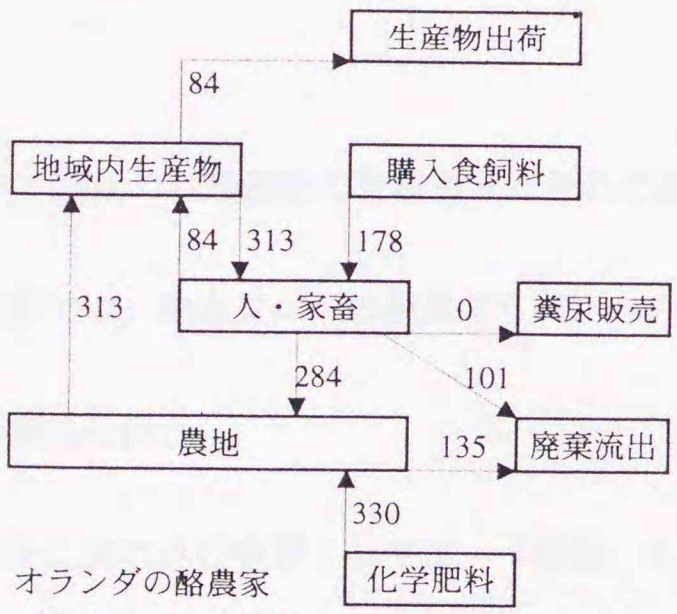
放牧草地の窒素フローは，オランダの窒素フローの特徴が認められる．すなわち，多量の化学肥料の施用により，飼料生産を確保し，家畜を飼養する．それに伴い，多量の家畜糞尿が農地に還元されるが，化学肥料の施用もあり，農地から多量の窒素が流出することになる.



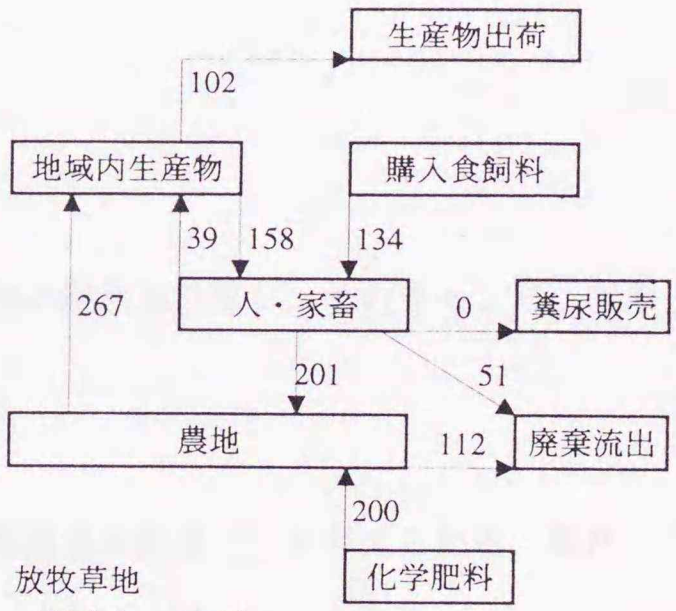
1990年
北海道の酪農家
（築城・原田，1996）



1990年
都府県の酪農家
（築城・原田，1996）



オランダの酪農家
（Aarts et al.，1992）



放牧草地
（杉本ら，1987）

図9.3　様々な酪農家における窒素フロー（kgN/ha/yr）
注：比較のため，農地面積当たりの窒素量に換算してある．
　　脱窒，窒素固定，損失などが入っていないため，収支が合わない．

この様な窒素フローの特徴から，日本での家畜の飼養は，飼料を生産する農地と分離して行われていることがわかる．従って，家畜糞尿を適正に利用するためには，まず，飼料を生産する農地へ糞尿を効率よく供給するシステムの確立が必要である．しかし，飼料を生産する農地で，多量の化学肥料が施用されているならば，オランダにおける窒素フローと同じく，農地から多量の窒素が流出することになる．そのため，家畜糞尿を作物に効率よく吸収させるための技術開発も

必要となる．

さらに，家畜糞尿の適正利用には，移動および施用の２つの課題だけでなく，家畜糞尿の排出量が，農地面積に対し，かなり多いことも問題となる．日本における家畜糞尿の排出量は，化学肥料の施用量とほぼ同じである．化学肥料を低減し，家畜糞尿を利用できるようにすること，また，搬出が容易になるように，技術開発および制度の確立が必要である．

9.2　河川の水質汚染による窒素フローの評価

9.2.1　河川の窒素濃度の見積もりとそれによる評価

本節では，窒素フローの結果から河川への水質汚染の程度を計算し，それをもとに，窒素フローの評価を行う．

河川に流れ込む窒素としては，「廃棄」されている窒素が対象として考えられる．また，「蓄積・溶脱」の窒素量は農地で余った窒素量であり，それが農地から流出し，河川に流れ込むことが考えられる．これらの「廃棄」と「蓄積・溶脱」の窒素量から，河川の窒素濃度を計算する．

ここで，窒素フローの結果から河川の全窒素濃度を見積もる方法を，牛久沼集水域を例として示す（表 9.1）．

まず，河川に流入する窒素の総量を求める．「蓄積・溶脱」の窒素 72 kg N ha^{-1} yr^{-1} は全て農地から流出すると仮定する．「廃棄」される窒素では，畜産からの窒素 9 kg N ha^{-1} yr^{-1} はそのまま河川に流れ込むものとする．し尿処理場では 30 %の窒素が除去される（田渕・高村，1985）．そこで，52 kg N ha^{-1} yr^{-1} の 70 %，約 36 kg N ha^{-1} yr^{-1} の窒素が河川に流出するものとする．廃棄された

表9.1　牛久沼集水域における河川の全窒素濃度の推定

河川の全窒素濃度	5.3		mgN L-1	=A/F
河川への流入窒素量	117		kg N ha-1 yr-1	A=B+C
農地における「蓄積・溶脱」窒素量		72	kg N ha-1 yr-1	B
「廃棄」から河川に入り込む窒素量		45	kg N ha-1 yr-1	C=D+E
「畜産」→「廃棄」の窒素量		9	kg N ha-1 yr-1	D
「食生活」→「廃棄」の窒素量の70% [1)]		36	kg N ha-1 yr-1	E
流出窒素を希釈する農地面積当たりの水量	22		ML ha-1 yr-1	F=G+L+P
農地のうち水田からの流出水量		8	ML ha-1 yr-1	G=H*I
農地に占める水田の面積比		0.4		H
水田における流出水量		21	ML ha-1 yr-1	I=(J+K)/100 [2)]
灌漑水量		1500	mm	J
降水量の半分 [3)]		600	mm	K
その他の農地からの流出水量	4		ML ha-1 yr-1	L=M*N
農地に占める水田の面積比		0.6		M
水田における流出水量		6	ML ha-1 yr-1	N=O/100 [2)]
降水量の半分 [3)]		600	mm	O
農地以外の土地	10		ML ha-1 yr-1	P=Q*R
農地に対する農地以外の面積比		1.7		Q
水田における流出水量		6	ML ha-1 yr-1	R=S/100 [2)]
降水量の半分 [3)]		600	mm	S

1) し尿処理場では30%の窒素が除去される．そこで，70%の窒素が流出するとした．

2) 1m^{2}当たり1mmの水は1Lとなる．1haでは10kLとなる．水量 x mmを100で割ると1ML/haとなる．
ML＝1,000,000リットル

3) 年間降水量1,197mmの半分約600mmは蒸発するものとする

農作物副産物は焼却されるため，河川には窒素が流れ込まないものとする．これらから，河川へ流入する窒素量は 117 kg N ha^{-1} yr^{-1} と見積もられる．

次に，この窒素を希釈する水量を計算する．ここで注意することは，河川へ流入する窒素量が農地面積当たりの量であることである．従って，希釈する水量も農地面積当たりの量を求める．まず，水田では，灌漑水と雨を希釈水とみなす．灌漑水量は約 1,500 mm，降水量は 1,197 mm である．降水量の半分は蒸発してしまうと考えると，希釈する水量は 2,100 mm（1,500 mm＋600 mm）となる．1 m^2 に 1 mm の水が溜まると 1 L になり，1 ha では 10 kL になる．2,100 mm だと，21 ML

ha^{-1}となる．その他の農地では，雨だけが希釈水となり，降水量の半分 600 mm，6 ML ha^{-1}で希釈されることになる．牛久沼集水域では，農地に占める水田の割合は約40 %，その他の農地は約60 %である．従って，農地から浸透流出する水量は 12 ML ha^{-1} yr^{-1}（21 ML ha^{-1} yr^{-1}×0.4＋6 ML ha^{-1} yr^{-1} ×0.6）と見積もられる．これに，農地以外に降った雨がもたらす浸透水量が加わる．この量は水田以外の農地と同じと考え，6 ML ha^{-1} yr^{-1}とする．農地以外の面積は，農地の 1.7 倍あり，約 10 ML ha^{-1} yr^{-1}の水量が加わり，従って，希釈する水の総量は 22 ML ha^{-1} yr^{-1}となる．

河川に流入する窒素量 117 kg N ha^{-1} yr^{-1}を 22 ML ha^{-1} yr^{-1}の水で希釈すると，5.3 mg N L^{-1}の窒素

表9.2　取手市における河川の全窒素濃度の推定

河川の全窒素濃度	7.4		mgN L-1	=A/F
河川への流入窒素量	297		kg N ha-1 yr-1	A=B+C
農地における「蓄積・溶脱」窒素量	65		kg N ha-1 yr-1	B
「廃棄」から河川に入り込む窒素量	232		kg N ha-1 yr-1	C=D+E
「畜産」→「廃棄」の窒素量		2	kg N ha-1 yr-1	D
「食生活」→「廃棄」の窒素量の70% [1)]		230	kg N ha-1 yr-1	E
流出窒素を希釈する農地面積当たりの水量	40		ML ha-1 yr-1	F=G+L+P
農地のうち水田からの流出水量	17		ML ha-1 yr-1	G=H*I
農地に占める水田の面積比		0.75		H
水田における流出水量		22.6	ML ha-1 yr-1	I=(J+K)/100 [2)]
灌漑水量		1500	mm	J
降水量の半分 [3)]		760	mm	K
その他の農地からの流出水量	2		ML ha-1 yr-1	L=M*N
農地に占める水田の面積比		0.25		M
水田における流出水量		7.6	ML ha-1 yr-1	N=O/100 [2)]
降水量の半分 [3)]		760	mm	O
農地以外の土地	21		ML ha-1 yr-1	P=Q*R
農地に対する農地以外の面積比		2.8		Q
水田における流出水量		7.6	ML ha-1 yr-1	R=S/100 [2)]
降水量の半分 [3)]		760	mm	S

1) し尿処理場では30%の窒素が除去される．そこで，70%の窒素が流出するとした．

2) 1m^2当たり1mmの水は1Lとなる．1haでは10kLとなる．水量 x mmを100で割ると1ML/haとなる．
ML＝1,000,000リットル

3) 年間降水量1,515mmの半分約760mmは蒸発するものとする

濃度になる．すなわち，河川に到達するまでの間および河川を流下する間に窒素が浄化されないと仮定すると，牛久沼に流れ込む河川の最下流では，5.3 mg N L^{-1} の窒素濃度となると見積もられる．

これと同様の計算を取手市および里美村で行うと，河川の窒素濃度はそれぞれ 7.4 mg N L^{-1}（表9.2），1.5 mg N L^{-1}（表 9.3）になると見積もられた．

牛久沼集水域の 5.3 mg N L^{-1} の窒素濃度は，農業用水の水質基準（1 mg N L^{-1}）に比べるとかなり高いが，飲料水の水質基準（10 mg N L^{-1}）よりは低い．このことから，牛久沼集水域の農業生

表9.3　里美村における河川の全窒素濃度の推定

河川の全窒素濃度	1.5		mgN L-1	=A/F
河川への流入窒素量	133		kg N ha-1 yr-1	A=B+C
農地における「蓄積・溶脱」窒素量	109		kg N ha-1 yr-1	B
「廃棄」から河川に入り込む窒素量	24		kg N ha-1 yr-1	C=D+E
「畜産」→「廃棄」の窒素量		13	kg N ha-1 yr-1	D
「食生活」→「廃棄」の窒素量の70% [1)]		11	kg N ha-1 yr-1	E
流出窒素を希釈する農地面積当たりの水量	90		ML ha-1 yr-1	F=G+L+P
農地のうち水田からの流出水量	9		ML ha-1 yr-1	G=H*I
農地に占める水田の面積比		0.4		H
水田における流出水量		21.7	ML ha-1 yr-1	I=(J+K)/100 [2)]
灌漑水量		1500	mm	J
降水量の半分 [3)]		670	mm	K
その他の農地からの流出水量	4		ML ha-1 yr-1	L=M*N
農地に占める水田の面積比		0.6		M
水田における流出水量		6.7	ML ha-1 yr-1	N=O/100 [2)]
降水量の半分 [3)]		670	mm	O
農地以外の土地	77		ML ha-1 yr-1	P=Q*R
農地に対する農地以外の面積比		11.5		Q
水田における流出水量		6.7	ML ha-1 yr-1	R=S/100 [2)]
降水量の半分 [3)]		670	mm	S

1) し尿処理場では30%の窒素が除去される．そこで，70%の窒素が流出するとした．

2) 1m^2当たり1mmの水は1Lとなる．1haでは10kLとなる．水量 x mmを100で割ると1ML/haとなる．
ML＝1,000,000リットル

3) 年間降水量1,342mmの半分約670mmは蒸発するものとする

産による環境への窒素の負荷は低くはないが，高いレベルでもないと評価できる．

取手市では，河川の窒素濃度が 7.4 mg N L^{-1} と見積もられた．この濃度は飲料水の水質基準と同じであり，かなりの環境負荷があると評価される．し尿処理をされたとしても，窒素の 70 %は流出してしまう．し尿が大量に発生している取手市では，し尿により河川の水質はかなり汚染されていることがわかる．

里美村の窒素濃度は 1.5 mg N L^{-1} と推定された．この濃度は農業用水の水質基準を越えるが，かなり低い濃度といえる．ただし，これは農地以外の土地からもたらされる多量の水により希釈された結果であることを注意すべきである．また，里美村は河川の最上流地域である．ここで，既に，1.5 mg N L^{-1} もの窒素濃度があることは，下流の稲作に影響を与える可能性が大きい．これらのことを考慮すると，水質汚染が低いと安心できる濃度ではないといえる．

9.2.2 窒素濃度の推定値と実際の水質データの比較

9.2.1 節で見積もられた河川の窒素濃度と実際の河川水質を比較する．

この比較を行うことにより，本研究の窒素フローの推定精度を評価することができる．河川水質のデータがあるのは牛久沼集水域だけであるため，1 例のみの比較となり，十分とはいえないが，推定精度の指標にはなると思われる．

まず，牛久沼集水域の河川における窒素濃度を見てみる（表 9.4）．牛久沼集水域には，主に 3 つの河川が流れ込んでいる．それぞれの河川において，牛久沼に入る直前の下流地点で採取された河川水の全窒素濃度を対象とした．

河川により，濃度はやや異なるものの，その中央値は 2.39 mg N L^{-1} であった．この全窒素濃度

表9.4　牛久沼集水域の河川における河川水の全窒素濃度

稲荷川 三日月橋		東谷田川 茎崎橋		西谷田川 細見橋	
調査日	全窒素 mg/L	調査日	全窒素 mg/L	調査日	全窒素 mg/L
		1986.5.13	3.91	1986.5.13	2.37
		1986.7.8	0.91	1986.7.8	0.98
		1986.9.16	2.31	1986.9.16	1.98
		1986.11.21	3.26	1986.11.21	2.14
		1987.1.8	3.95	1987.1.8	2.31
		1987.3.18	1.21	1987.3.18	1.88
1987.4.22	2.45	1987.4.22	2.67	1987.4.22	2.02
1987.5.7	2.70	1987.5.7	4.72	1987.5.7	2.23
1987.6.3	1.54	1987.6.3	1.58	1987.6.3	0.87
1987.7.10	0.84	1987.7.10	0.75	1987.7.10	0.58
1987.8.6	1.31	1987.8.6	1.60	1987.8.6	0.99
1987.9.28	1.91	1987.9.26	2.48	1987.9.28	2.06
1987.10.4	2.66	1987.10.14	3.30	1987.10.14	3.04
1987.11.18	3.73	1987.11.18	4.32	1987.11.18	4.15
1987.12.16	2.84	1987.12.16	3.85	1987.12.16	3.05
1988.1.13	4.04	1988.1.13	3.46	1988.1.13	2.99
1988.2.17	3.38	1988.2.17	2.84	1988.2.17	2.34
1988.3.9	3.26	1988.3.9	2.41	1988.3.9	1.78
上四分値	4.04	上四分値	4.72	上四分値	4.15
中央値	3.29	中央値	3.75	中央値	2.36
下四分値	2.68	下四分値	2.76	下四分値	2.10
				全体の中央値	2.39
平均値	2.56	平均値	2.75	平均値	2.10
				全体の平均値	2.46

は，窒素フローから見積もった全窒素濃度 5.3 mg N L^{-1} の 45 %である．この結果からは，本研究の窒素フローの見積もりは，精度が悪いと評価される．

しかし，これまで，多くの研究で，農地から浸透流出した窒素が河川に至るまでに浄化されることが明らかにされている．農地からの浸透水は地下を移動する間に窒素濃度が低下することが知られている（尾崎ら，1991；木方・結田，1992）．石塚（1997）は，その窒素濃度の低下が脱

窒によるものであることを$\delta^{15}N$の解析により明らかにした．また，水田では，窒素浄化機能が高いことが知られており（小川ら，1985；尾崎ら，1995），畑－水田の土地利用連鎖系において，水田で窒素浄化が行われていることも知られている（小川，1984；日高，1994）．

このような過程を考慮すると，5.3 mg N L^{-1}の窒素濃度が約半分の2.39 mg N L^{-1}に低下することは充分あり得る．このことから，本研究での窒素フローの見積もり精度は高いといえる．

第１０章

環境保全のための対策と
その評価

環境汚染は有機物資源の廃棄と農地からの過剰な窒素の流出により起きている．廃棄されている窒素を低減するためには，それらを農地に施用するなどして，有効に利用することである．また，農地からの窒素の流出量を低減するため，化学肥料の施用量を低く抑えることが勧められている．

しかしながら，これらの対策は，資源の循環利用の観点から行われているものではなく，環境汚染を引き起こす物質の量を減らすことに関心がある．そこで，これらの対策を行った場合の窒素フローの変化を見積もり，窒素の循環利用がされているかどうかを評価する．

また，資源の循環利用の観点からの対策も提案されている．例えば，農地に残存した養分を吸い取るための作物を輪作体系として組み込むことである．また，里美村で見られたように，堆肥・厩肥もしくはその原料である糞尿や藁などを地域外に持ち出すことも提案されている．この持ち出す先は，食料・飼料を多量に生産している地域である．すなわち，地域間での物質循環システムの確立である．このような対策を行った場合の窒素フローを見積もり，窒素の循環利用について評価を行う．

10.1　環境保全のための対策

環境を保全するための対策には，様々なものがあるが，ここでは，窒素フローに関連する対策として，「廃棄有機物の堆肥化利用」，「化学肥料の施用量の低減」，「農地に残った養分を吸収する輪作体系」，そして，「堆厩肥の地域外への持ち出し」を行った場合の窒素フローの変化を見積もる．

廃棄有機物の堆肥化利用：これは，廃棄となっているし尿・生ゴミ，家畜糞尿及び農作物副産物を堆厩肥に加工し，農地に施用することである．

農作物副産物の農地還元には，大きな問題はないが，家畜糞尿及びし尿・生ゴミには重金属や有害物質の含有の問題がある．また，水分の多い尿を如何に堆厩肥として加工するかという問題はあるが，これは，加工技術の問題であり，利用可能かどうかの問題ではない．家畜糞尿に有害物質が含まれないような家畜の飼養およびし尿・生ゴミの排出が必要である．

いろいろな問題はあるが，これらの廃棄有機物を堆厩肥に加工するものとして，窒素フローを見積もる．

ちなみに，直接農地に投入されているし尿・生ゴミがあるが，これも堆肥に加工してから，農地に施用することにした．また，家畜糞尿，し尿・生ゴミを堆厩肥に加工する際の窒素の損失率を 20 %とした．農作物副産物は C/N 比が高いため，窒素の損失はないものとした．

化学肥料の施用量の低減：これは，単純に，化学肥料による窒素供給量を半分にすることである．

実際には，化学肥料の施用量を半分にすることは，かなり難しい．水稲に対する肥料の施用量は既にかなり少なくなっており，水稲の窒素吸収量より少ない．また，野菜においては，生育に必要な養分が足りなくなることも考えられる．

現在，緩効性肥料を用い，その施用位置を根際にするなどの施肥技術の改良が行われている．また，堆厩肥からの養分供給を見極め，それをコントロールする技術開発も進んでいる．

このような背景により，化学肥料による窒素供給量を半分にすることは可能と思われ，対策として採用した．

農地に残った養分を吸収する輪作体系：廃棄有機物を堆厩肥に加工し，農地に施用した場合，化学肥料を低減したとしても，かなりの養分が農地に残ることになると考えられる．そこで，農地に残った養分を吸収する作物を輪作体系に取り込むことが提案されている．

このような作物には，よく飼料作物が用いられる．これは，養分吸収力が強く，農地の養分をかなり吸い取ってくれるためである．

10.2 節では，イタリアンライグラスを畑に裏作として組み込むものとして，窒素フローの見積もりを行った．ちなみに，イタリアンライグラスの主産物の窒素吸収量は 170 kg N ha^{-1} yr^{-1}，副産物の窒素吸収量は 130 kg N ha^{-1} yr^{-1} とした．

堆厩肥の地域外への持ち出し：食料・飼料が多量に地域外から持ち込まれ，出荷される農畜産物の量を大幅に超過する場合，化学肥料の低減や作物への養分吸収量を増加させたとしても，まだ，農地に過剰な養分が多量に残存することになると予想される．この場合，堆厩肥を地域外に搬出し，地域に過剰な養分が蓄積しないようにする対策が必要である．食料や飼料が持ち込まれることは，それらを生産した地域があるはずであり，そこに堆厩肥を戻してやることが，重要であり，これが養分を循環させることになる．

これらの対策を評価する際，各対策を別々に行った場合を評価するのではなく，次々と対策を重ねて行き，評価を行うことにした．それは，農地に残った養分を吸収する輪作体系および堆厩肥の地域外への持ち出しの対策は，廃棄有機物を農地に施用した場合に，効果を発揮するためである．

10.2　対策を行った場合の窒素フロー

10.2.1　牛久沼集水域

まず，廃棄されている有機物を堆厩肥に加工し，農地に施用した場合の窒素フローを明らかにする（図 10.1）．この場合，57 kg N ha^{-1} yr^{-1} の窒素が食生活から堆厩肥へもたらされる．また，畜産および農作物副産物から堆厩肥への窒素供給量も多くなり，堆厩肥の農地投入量は 25→80 kg N ha^{-1} yr^{-1} に増加する．そのため，有機物の農地投入量が多くなり，77→127 kg N ha^{-1} yr^{-1} に増加する．結果として，「蓄積・溶脱」の窒素量が 72→122 kg N ha^{-1} yr^{-1} に増加する．これでは，廃棄されていた窒素を農地から流出する窒素に変えただけと評価される．

そこで，さらに，化学肥料の施用量を半分にした場合を想定する（図 10.2）．この場合，化学肥料による農地への窒素供給量は 54 kg N ha^{-1} yr^{-1} に低下する．そして，「蓄積・溶脱」の窒素量は 122→67 kg N ha^{-1} yr^{-1} に低下する．牛久沼集水域では，化学肥料の施用量の低下がかなり効果的であることがわかる．

ここで，窒素の循環利用を促進するため，農地に残存した窒素を作物に吸い取らせることにする（図 10.3）．具体的には，畑作物の裏作として，イタリアンライグラスを 1,000 ha 作付することにする．1,000 ha は畑面積 3,370 ha のおおよそ 1/3 であり，作付は可能と思われる．

この場合，農作物主産物の窒素量は 85→112 kg N ha^{-1} yr^{-1} に，副産物は 44→65 kg N ha^{-1} yr^{-1} に増加する．このため，農作物副産物の鋤込み量が 26→47 kg N ha^{-1} yr^{-1} に増加し，それに伴い，農地投入量も 127→148 kg N ha^{-1} yr^{-1} に増加する．しかし，作物吸収量が 129→177 kg N ha^{-1} yr^{-1} と，農地投入量の増加以上に増加するため，「蓄積・溶脱」の窒素量は 67→40 kg N ha^{-1} yr^{-1} に低下した．

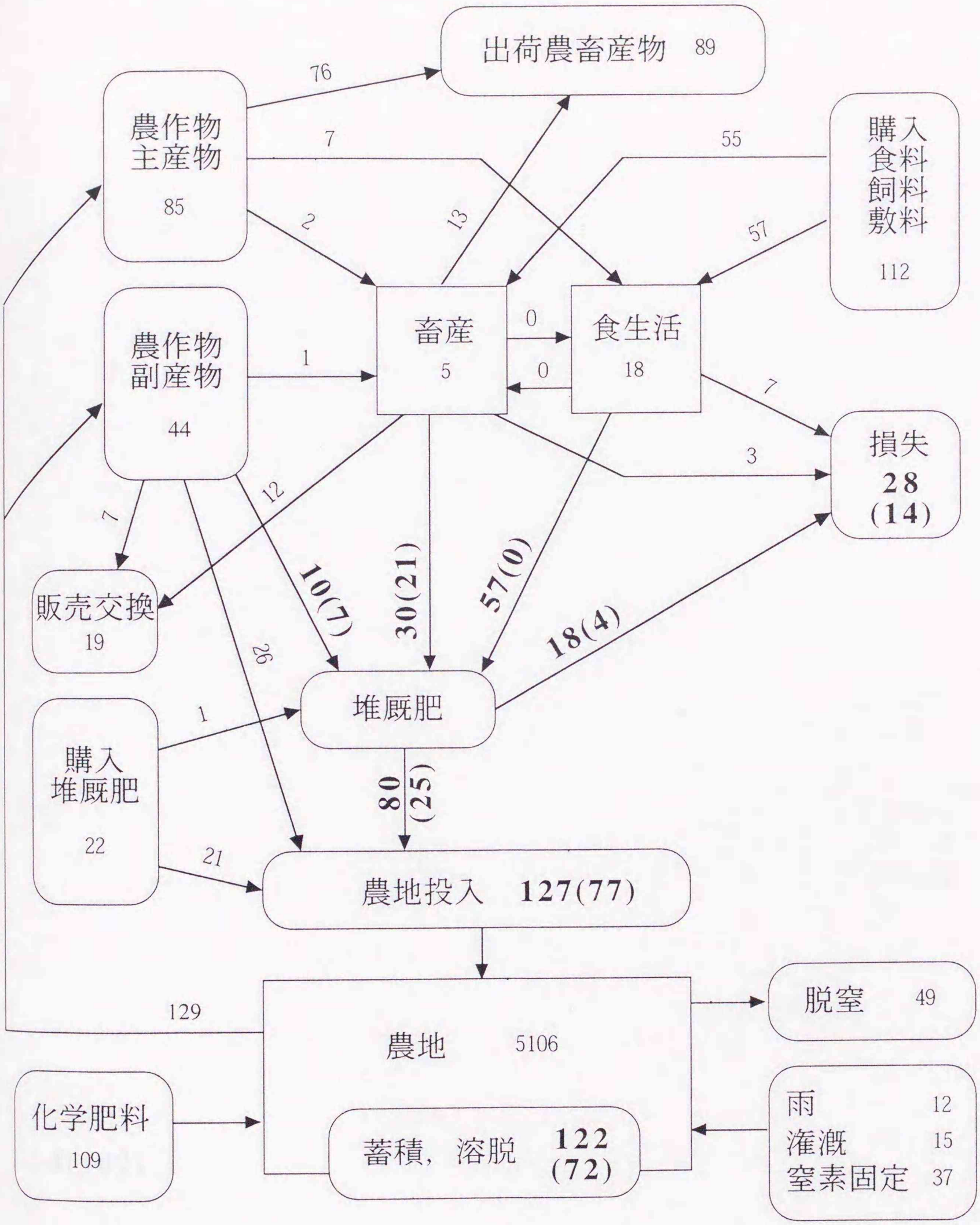


図10.1 牛久沼集水域において廃棄されている資源を堆厩肥に加工した場合の窒素フロー．家畜糞尿，し尿・生ゴミは堆厩肥に加工される際，窒素が20%損失するとして計算した．大字が変化した窒素フロー，（）内は変化前（図5.1）の窒素フロー．

□ 現存量 ▭ フロー量 農地面積当たり(kg N ha^{-1} yr^{-1})

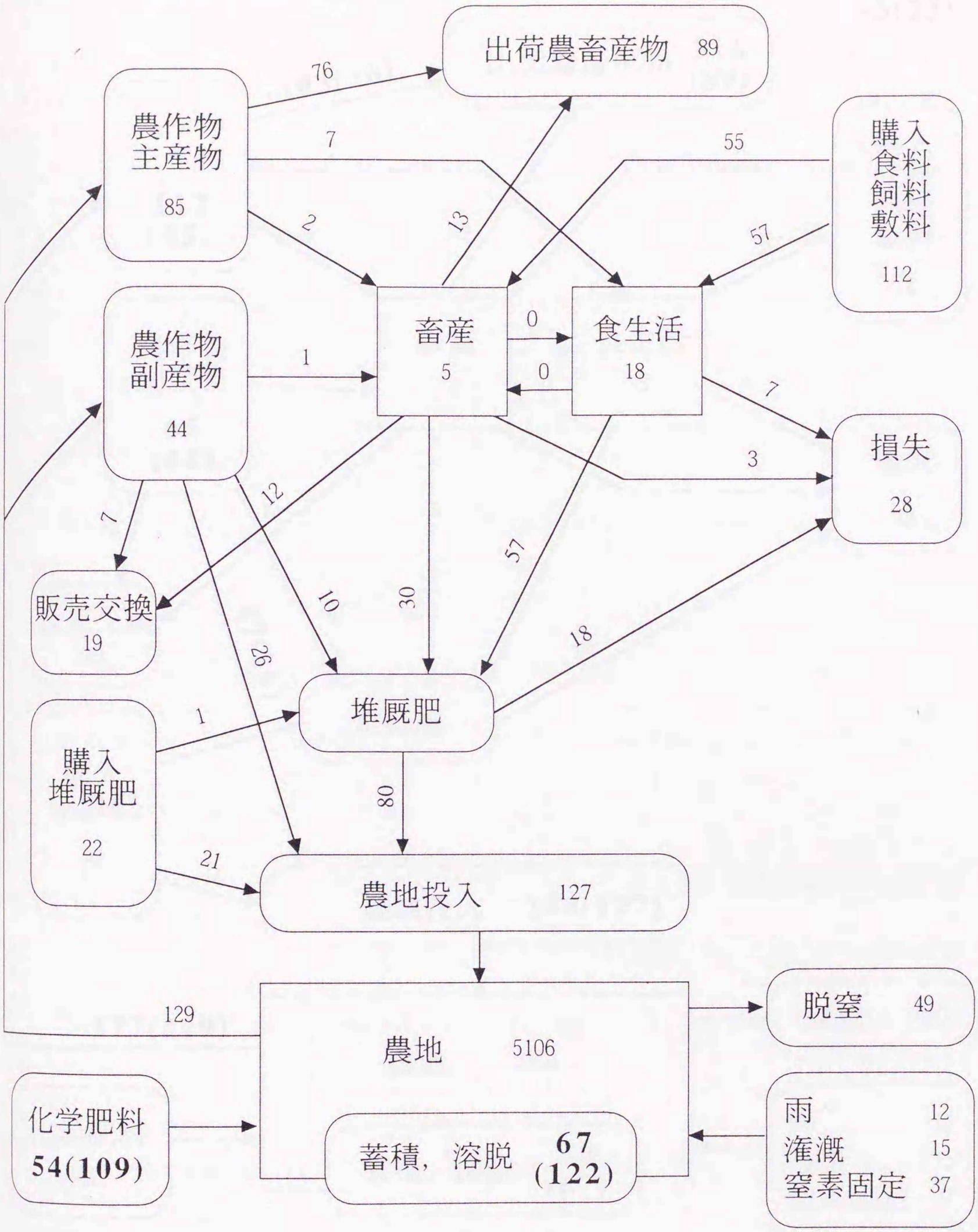


図10.2 · 牛久沼集水域において廃棄資源を堆厩肥利用し，化学肥料施用量を半減した場合の窒素フロー．廃棄されている資源の堆厩肥利用（図10.1）に加え，化学肥料の施用量を半分に減らした．大字が変化した窒素フロー，（）内は変化前（図10.1）の窒素フロー．

□ 現存量 ◯ フロー量　　農地面積当たり(kg N ha^{-1} yr^{-1})

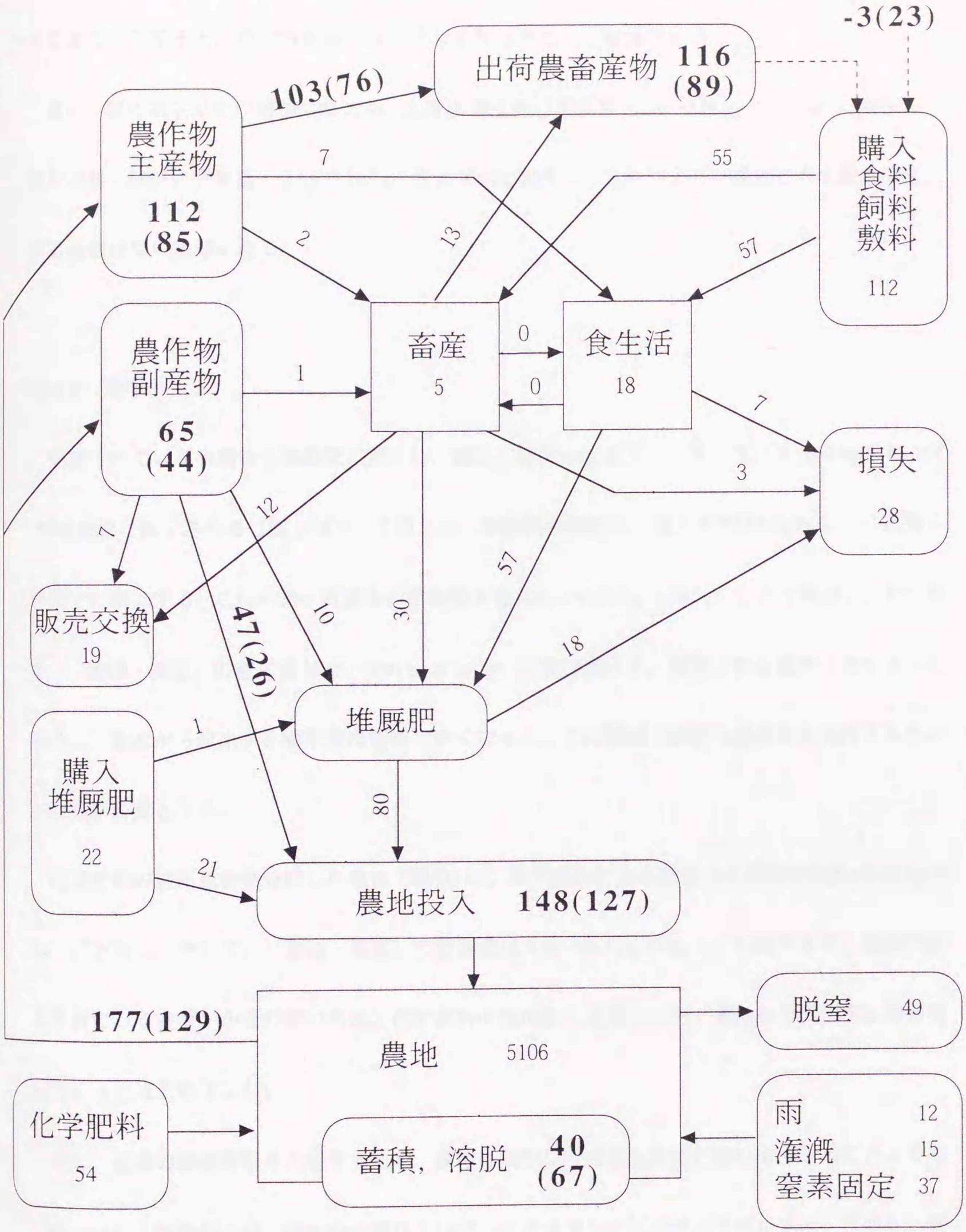


図10.3　牛久沼集水域において廃棄資源の堆厩肥利用と化学肥料の半減に加え，余剰養分吸収作物を導入した場合の窒素フロー．廃棄資源を堆厩肥利用し，化学肥料を半減し（図10.2），さらに農地に残った養分を吸収する作物を組み込んだ．詳細は本文に記載．大字が変化した窒素フロー．（）内は変化前（図10.2）の窒素フロー．

□ 現存量　◯ フロー量　　農地面積当たり(kg N ha^{-1} yr^{-1})

ここまで低下すると，環境負荷はかなり少なくなったものと評価できる．

また，農作物主産物が増加したため，出荷農畜産物の窒素量も 89→116 kg N ha^{-1} yr^{-1} に増加し，購入食料・飼料の窒素量 112 kg N ha^{-1} yr^{-1} をわずかに越える．これにより，堆厩肥を地域外に搬出する必要はない地域になる．

10.2.2 取手市

廃棄されている有機物を堆厩肥に加工し，農地に施用した場合，し尿・生ゴミ 334 kg N ha^{-1} yr^{-1} が堆厩肥に加工される（図 10.4）．このため，堆厩肥の農地投入量は 9→279 kg N ha^{-1} yr^{-1} と驚く量までに増加する．このため，有機物の農地投入量は 66→331 kg N ha^{-1} yr^{-1} にまで増加し，その結果，「蓄積・溶脱」の窒素量が 65→330 kg N ha^{-1} yr^{-1} にまで高まる．廃棄される窒素はなくなったものの，農地から流出する窒素量は極めて多くなった．この農地の過剰な窒素量を低減するための対策が必要となる．

化学肥料の施用量を半分にした場合（図 10.5），化学肥料による農地への窒素供給量は 46 kg N ha^{-1} yr^{-1} となる．そして，「蓄積・溶脱」の窒素量は 330→284 kg N ha^{-1} yr^{-1} に低下する．農地に投入されている窒素がかなり多いため，化学肥料の施用量を低減しても，農地から流出する窒素量は目立ったほど低下しない．

次に，窒素の循環利用を促進するため，農地に残存した窒素を作物に吸い取らせることにする（図 10.6）．具体的には，畑作物の裏作として，イタリアンライグラスを作付する．ただし，普通畑の面積が 230 ha しかなく，耕地面積に占める割合は 24 %と少ない．しかし，できるだけの努力をしたと考え，200 ha にイタリアンライグラスを作付することにする．

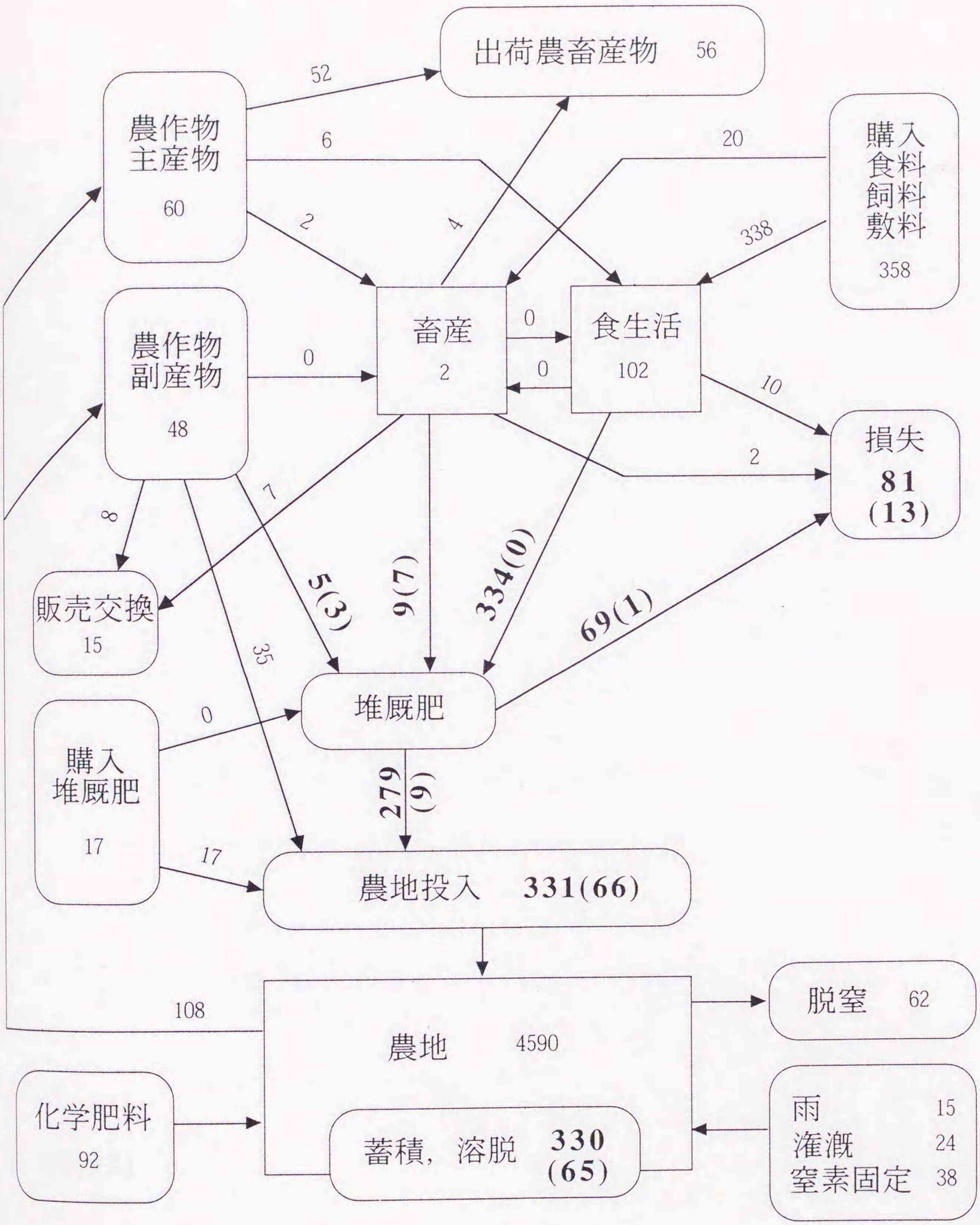


図10.4　取手市において廃棄されている資源を堆厩肥に加工した場合の窒素フロー．家畜糞尿，し尿・生ゴミは堆厩肥に加工される際，窒素が20%損失するとして計算した．大字が変化した窒素フロー，（）内は変化前（図6.1）の窒素フロー．

□ 現存量　◯ フロー量　　農地面積当たり(kg N $ha^{-1} yr^{-1}$)

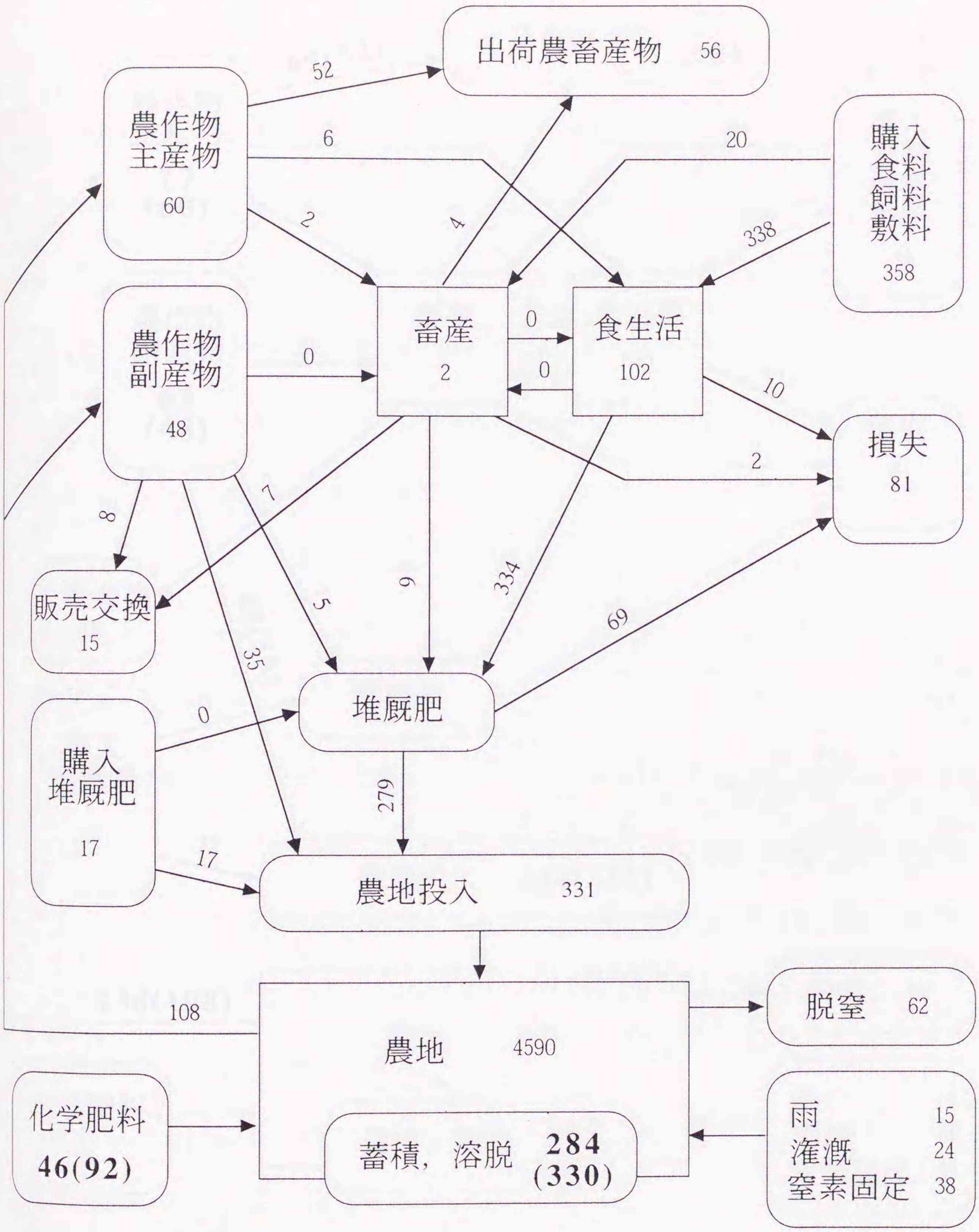


図10.5　取手市において廃棄資源を堆厩肥利用し，化学肥料施用量を半減した場合の窒素フロー．廃棄されている資源の堆厩肥利用（図10.4）に加え，化学肥料の施用量を半分に減らした．大字が変化した窒素フロー，（）内は変化前（図10.4）の窒素フロー．

□ 現存量　(　) フロー量　　農地面積当たり(kg N $ha^{-1} yr^{-1}$)

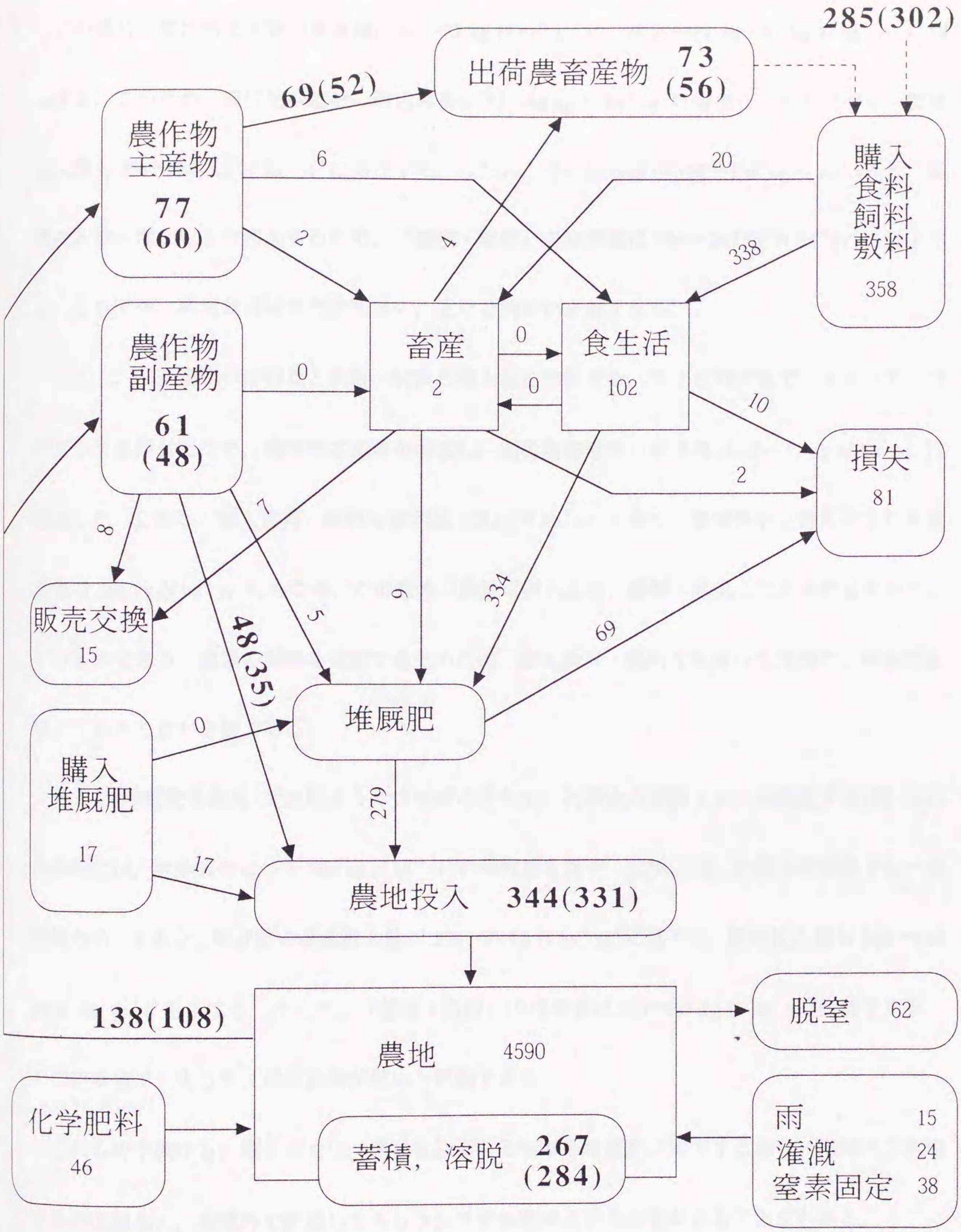


図10.6　取手市において廃棄資源の堆厩肥利用と化学肥料の半減に加え，余剰養分吸収作物を導入した場合の窒素フロー．廃棄資源を堆厩肥利用し，化学肥料を半減し（図10.5），さらに農地に残った養分を吸収する作物を組み込んだ．詳細は本文に記載．大字が変化した窒素フロー．（）内は変化前（図10.5）の窒素フロー．

□ 現存量　▭ フロー量　　農地面積当たり(kg N ha^{-1} yr^{-1})

この場合，農作物主産物の窒素量は 60→77 kg N ha^{-1} yr^{-1} に，副産物は 48→61 kg N ha^{-1} yr^{-1} に増加する．このため，農作物副産物の鋤込み量が 35→48 kg N ha^{-1} yr^{-1} に増加し，それに伴い，農地投入量も 331→344 kg N ha^{-1} yr^{-1} に増加する．しかし，作物吸収量が 108→138 kg N ha^{-1} yr^{-1} と，農地投入量の増加以上に増加するため，「蓄積・溶脱」の窒素量は 284→267 kg N ha^{-1} yr^{-1} に低下する．これでも，環境負荷はまだまだ多く，更なる対策が必要となる．

ここで，農畜産物の出荷量と食料・飼料の購入量を比較する．先ほどの対策で，イタリアンライグラスを作付たため，農作物主産物が増加し，出荷農畜産物の窒素量が 56→73 kg N ha^{-1} yr^{-1} に増加した．しかし，購入食料・飼料の窒素量 358 kg N ha^{-1} yr^{-1} と多く，地域外から持ち込まれる窒素量は 285 kg N ha^{-1} yr^{-1} にもなる．この窒素が農地に投入され，蓄積・溶脱となる窒素量を多くしているのである．窒素の循環を完結するためには，購入食料・飼料を生産した地域に，堆厩肥を戻してやることが必要である．

そこで，堆厩肥を販売・交換によりその地域に持ち出した場合の窒素フローを推定する（図 10.7）．具体的には，窒素成分にして 200 kg N ha^{-1} yr^{-1} の堆厩肥を販売・交換に出した場合の窒素フローを見積もる．すると，堆厩肥の農地投入量が 279→79 kg N ha^{-1} yr^{-1} に低下し，農地投入量も 344→144 kg N ha^{-1} yr^{-1} に低下する．そして，「蓄積・溶脱」の窒素量が 267→67 kg N ha^{-1} yr^{-1} に低下する．この窒素量で，ようやく環境負荷が低いと評価できる．

これらの予測から，取手市では，廃棄されている窒素を堆厩肥に加工する場合，地域内で利用するのではなく，地域外で利用してもらうシステムを導入する必要があることがわかる．

しかしながら，そのような地域が周辺に存在するかどうかが問題となる．そこで，取手市およびその周辺市町村における農地面積当たりのし尿・生ゴミの排出量を求めてみた（図 10.8）．そ

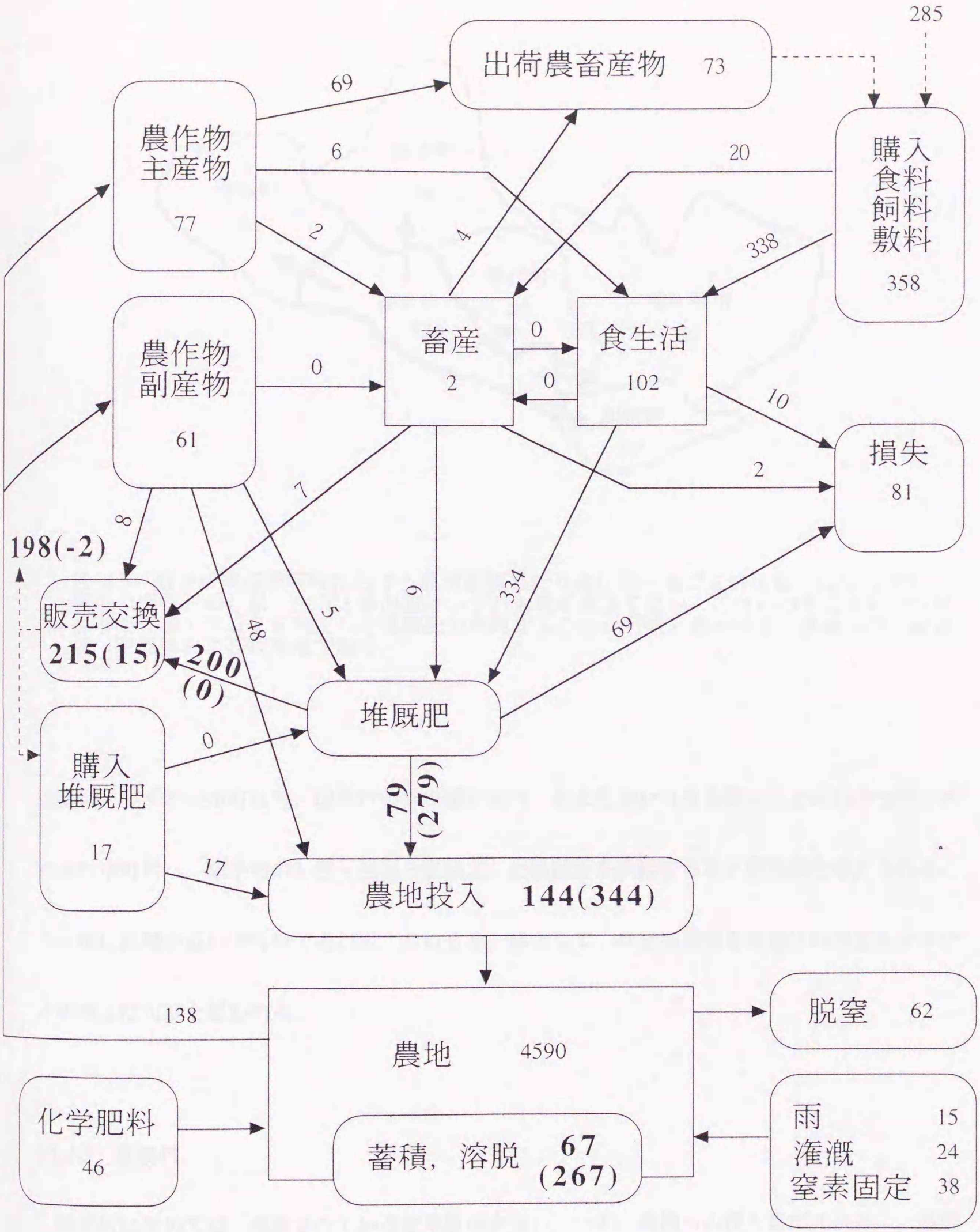


図10.7　取手市において堆厩肥を地域外に持ち出した場合の窒素フロー．廃棄資源を堆厩肥利用し，化学肥料を半減し，農地の残存窒素を吸収する作物を組み込み（図10.6），さらに堆厩肥を地域外に持ち出した．大字が変化した窒素フロー．（）内は変化前（図10.6）の窒素フロー．

□ 現存量　(　) フロー量　　農地面積当たり(kg N ha^{-1} yr^{-1})

図10.8　取手市周辺市町村における農地面積当たりのし尿・生ゴミ排出量（kgN/ha/年）．周辺の市町村のし尿・生ゴミ排出量はいずれも取手市より低い．これらの周辺市町村へ取手市のし尿・生ゴミを加工した堆厩肥を供給することが可能と思われる．農地は田，普通畑，樹園地および牧草地である．

の結果，いずれの市町村も，取手市の排出量に比べ，およそ 1/4～1/8 も低いことがわかった．これらの市町村へ，取手市のし尿・生ゴミを加工した堆厩肥を供給することが可能と考えられる．

この様に距離の近い市町村であれば，これらを一体として，有機物資源を有効に利用するシステムの確立は可能と思われる．

10.2.3　里美村

里美村においては，廃棄されている窒素量は少ない．一方，農地への投入量が元来多く，廃棄されている窒素を堆厩肥に加工し，農地に施用したとしても，農地投入量の増加はあまり大きくない（図 10.9）．

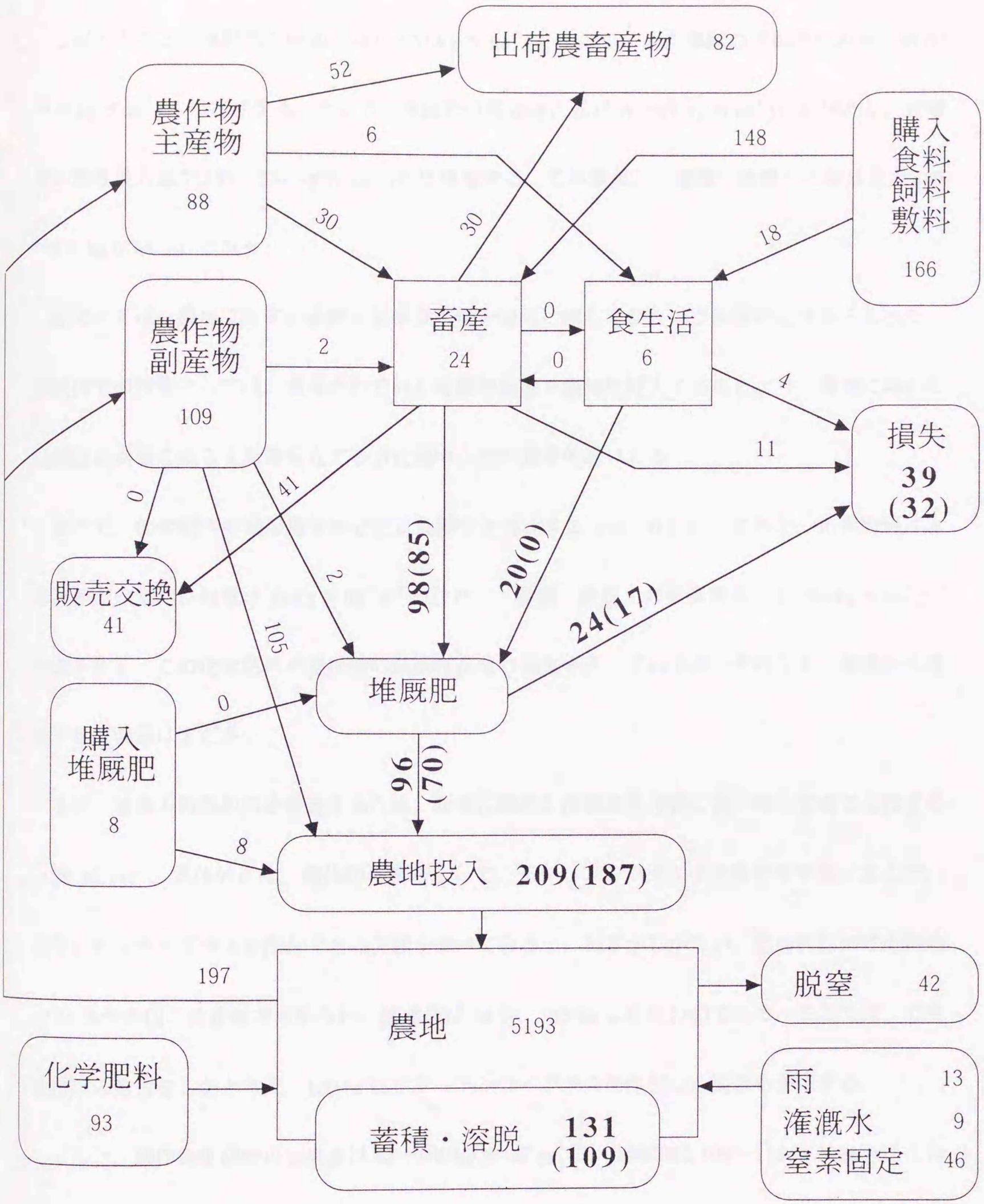


図10.9　里美村において廃棄されている資源を堆厩肥に加工した場合の窒素フロー．家畜糞尿，し尿・生ゴミは堆厩肥に加工される際，窒素が20%損失するとして計算した．大字が変化した窒素フロー，（）内は変化前（図7.1）の窒素フロー．

□ 現存量　▭ フロー量　　農地面積当たり(kg N ha^{-1} yr^{-1})

し尿・生ゴミの堆厩肥への加工は 0→20 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，家畜糞尿の堆厩肥への加工が 85 →98 kg N ha^{-1} yr^{-1} に増加する．そして，堆厩肥の農地投入量が 70→96 kg N ha^{-1} yr^{-1} に増加し，有機物の農地投入量が 187→209 kg N ha^{-1} yr^{-1} に増加する．この結果，「蓄積・溶脱」の窒素量が 109 →131 kg N ha^{-1} yr^{-1} となる．

里美村では，農地に対する過剰な窒素投入量を如何に減らすかという問題が元々からあった．里美村での対策としては，廃棄されている有機物資源を農地に投入することより，農地における過剰な窒素量を減らす対策を立てる方に集中したが効果的といえる．

そこで，化学肥料の施用量を半分にした場合を想定する（図 10.10）．すると，化学肥料による農地への窒素供給量は 46 kg N ha^{-1} yr^{-1} となり，「蓄積・溶脱」の窒素量は 131→84 kg N ha^{-1} yr^{-1} に低下する．この化学肥料の施用量の低減はかなり効果を示しているが，それでも，農地から流出する窒素量はまだ多い．

次に，窒素の循環利用を促進するため，農地に残存した窒素を作物に吸い取らせることにする（図 10.11）．具体的には，畑作物の裏作として，イタリアンライグラスを作付する．ここで，イタリアンライグラスを作付できる面積を調べてみると，わずかしかない．里美村における耕地の 75 %が水田と放牧地で占められ，普通畑は 14 %，136 ha しかないのである．ここでは，できるだけの努力をしたと考え，100 ha にイタリアンライグラスを作付した場合を想定する．

すると，農作物主産物の窒素量は 88→100 kg N ha^{-1} yr^{-1} に，副産物は 109→118 kg N ha^{-1} yr^{-1} とわずかに増加する程度である．里美村は，元々，作物による吸収量が多く，あまり効果が現れない．農作物副産物の鋤込み量は 105→114 kg N ha^{-1} yr^{-1} に増加し，それに伴い，農地投入量も 209→218 kg N ha^{-1} yr^{-1} に増加する．一方，作物吸収量は 197→218 kg N ha^{-1} yr^{-1} に増加し，結果として，「蓄

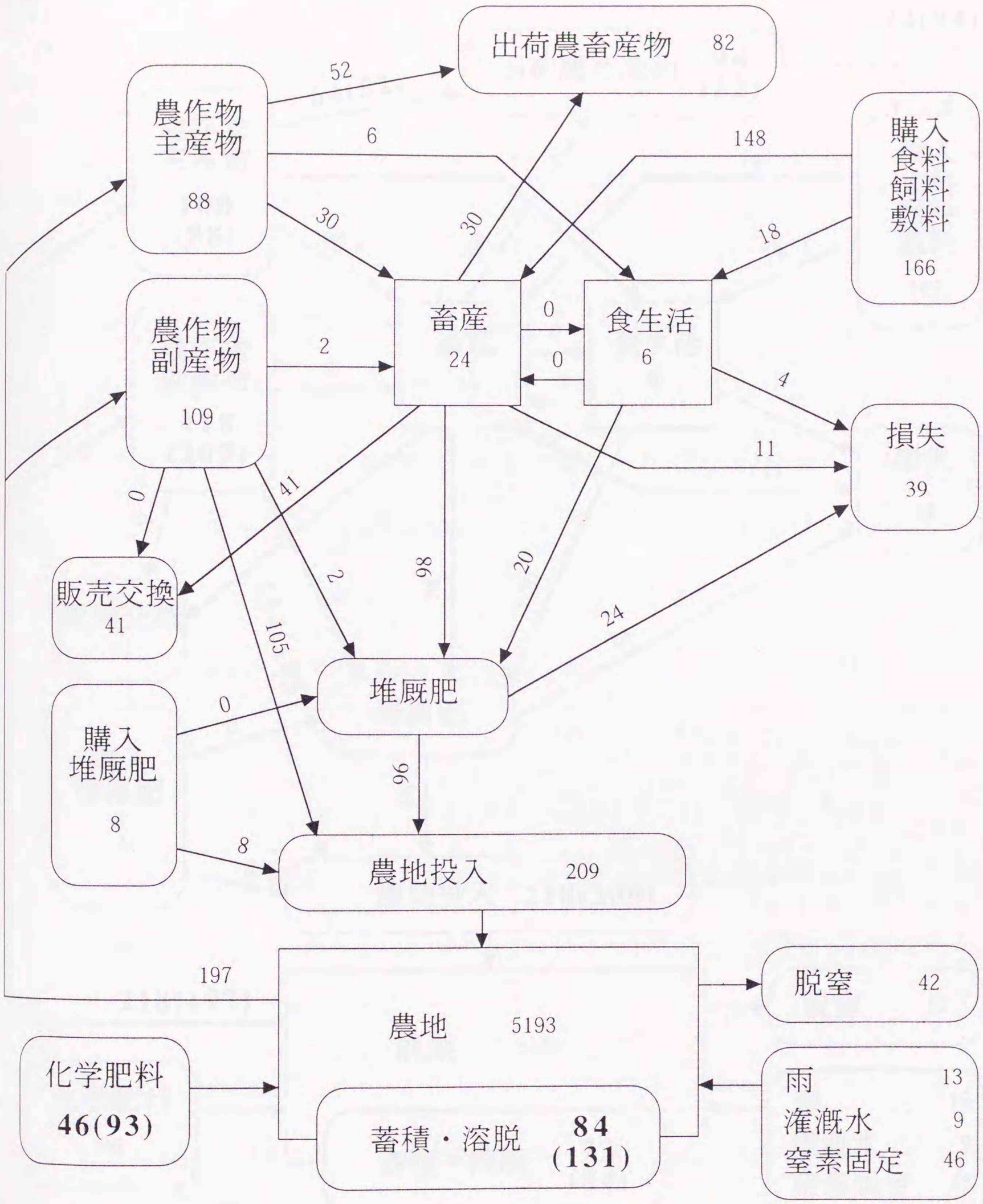


図10.10　里美村において廃棄資源を堆厩肥利用し，化学肥料施用量を半減した場合の窒素フロー．廃棄されている資源の堆厩肥利用（図10.8）に加え，化学肥料の施用量を半分に減らした．大字が変化した窒素フロー，（）内は変化前（図10.8）の窒素フロー．

□ 現存量　◯ フロー量　　農地面積当たり(kg N ha^{-1} yr^{-1})

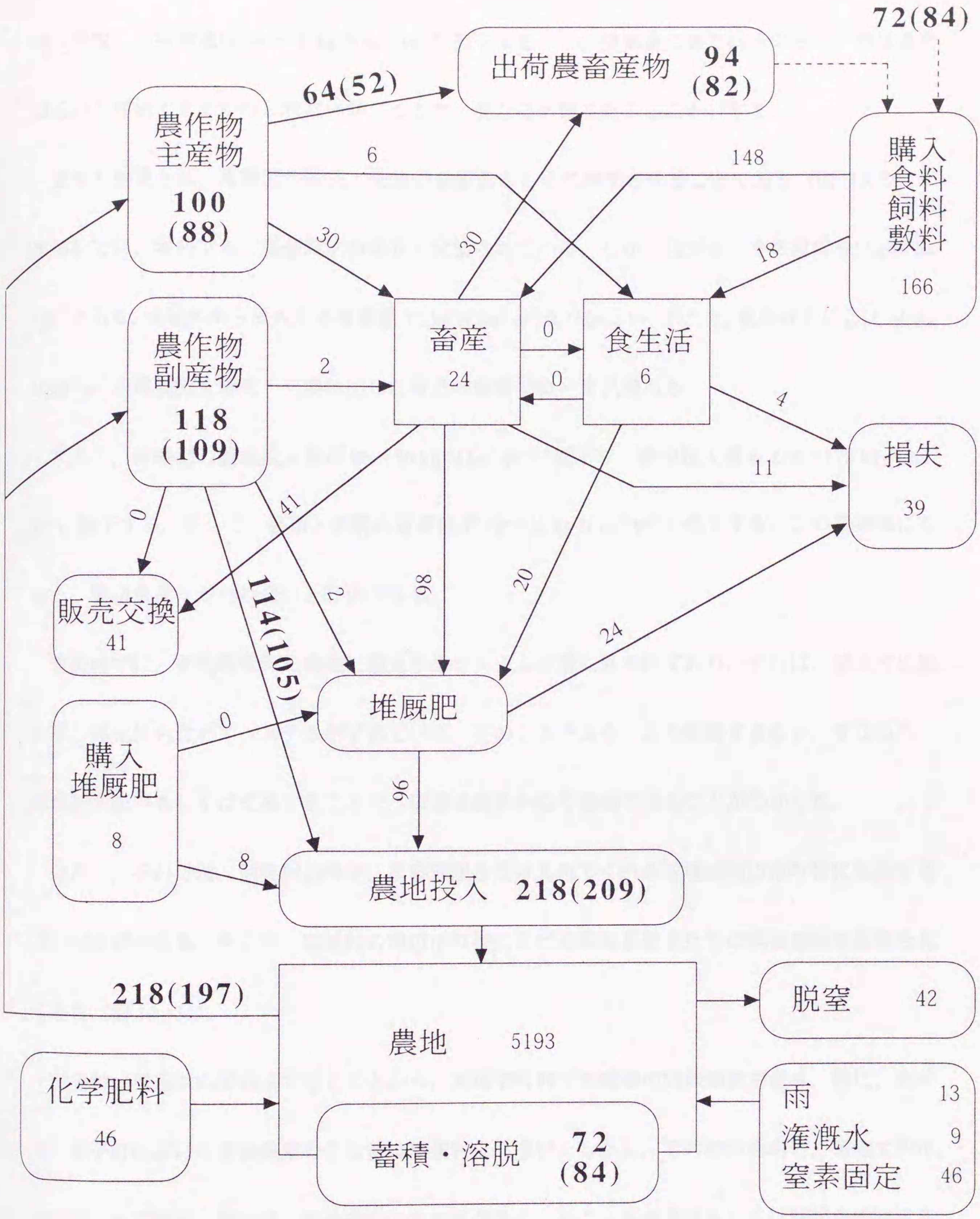


図10.11　里美村において廃棄資源の堆厩肥利用と化学肥料の半減に加え，余剰養分吸収作物を導入した場合の窒素フロー．廃棄資源を堆厩肥利用し，化学肥料を半減し（図10.9），さらに農地に残った養分を吸収する作物を組み込んだ．詳細は本文に記載．大字が変化した窒素フロー．（）内は変化前（図10.9）の窒素フロー．

□ 現存量　◯ フロー量　　農地面積当たり(kg N ha^{-1} yr^{-1})

積・溶脱」の窒素量は 84→72 kg N ha^{-1} yr^{-1} に低下する．この窒素量にまで低下すると，環境負荷は低いと評価できるかもしれないが，ここで，更なる対策をたてることにする．

更なる対策とは，堆厩肥の販売・交換の窒素量をさらに増加させることである（図 10.12）．里美村では，現在でも，家畜糞尿が販売・交換されている．しかしながら，その量は 50 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，地域外から流入する窒素量 72 kg N ha^{-1} yr^{-1} より少ない．そこで，窒素成分にして 40 kg N ha^{-1} yr^{-1} の堆厩肥を販売・交換に出した場合の窒素フローを見積もる．

すると，堆厩肥の農地投入量が 96→56 kg N ha^{-1} yr^{-1} に低下し，農地投入量も 218→178 kg N ha^{-1} yr^{-1} に低下する．そして，蓄積・溶脱の窒素量が 72→32 kg N ha^{-1} yr^{-1} に低下する．この窒素量になると，環境負荷はかなり低いと評価できる．

里美村では，有機物資源を農地に還元するシステムが既に見られており，それは，里美村に限らず，地域外も含めてシステムができている．そのシステムを，より推進すること，すなわち，堆厩肥を販売もしくは交換することで，環境負荷をかなり低減できることがわかった．

ただし，それには，里美村以外で，家畜糞尿を受け入れてくれる地域が周辺市町村に存在することが必要である．そこで，里美村の周辺市町村における農地面積当たりの家畜糞尿生産量を見てみる（図 10.13）．

里美村の周辺は山間地域であることから，周辺市町村でも家畜の飼養頭数が多く，特に，高萩市，大子町における家畜糞尿の生産量は里美村より多い．しかし，その他の水府村，常陸太田市，日立市，十王町は，相対的に家畜糞尿の生産量が低く，そこへ家畜糞尿もしくは厩肥を供給することが可能と思われる．ただし，高萩市，大子町でも同様に糞尿の搬出を行った場合，これらの地域の農地で，これだけの窒素量を受け入れることは難しいものと思われる．

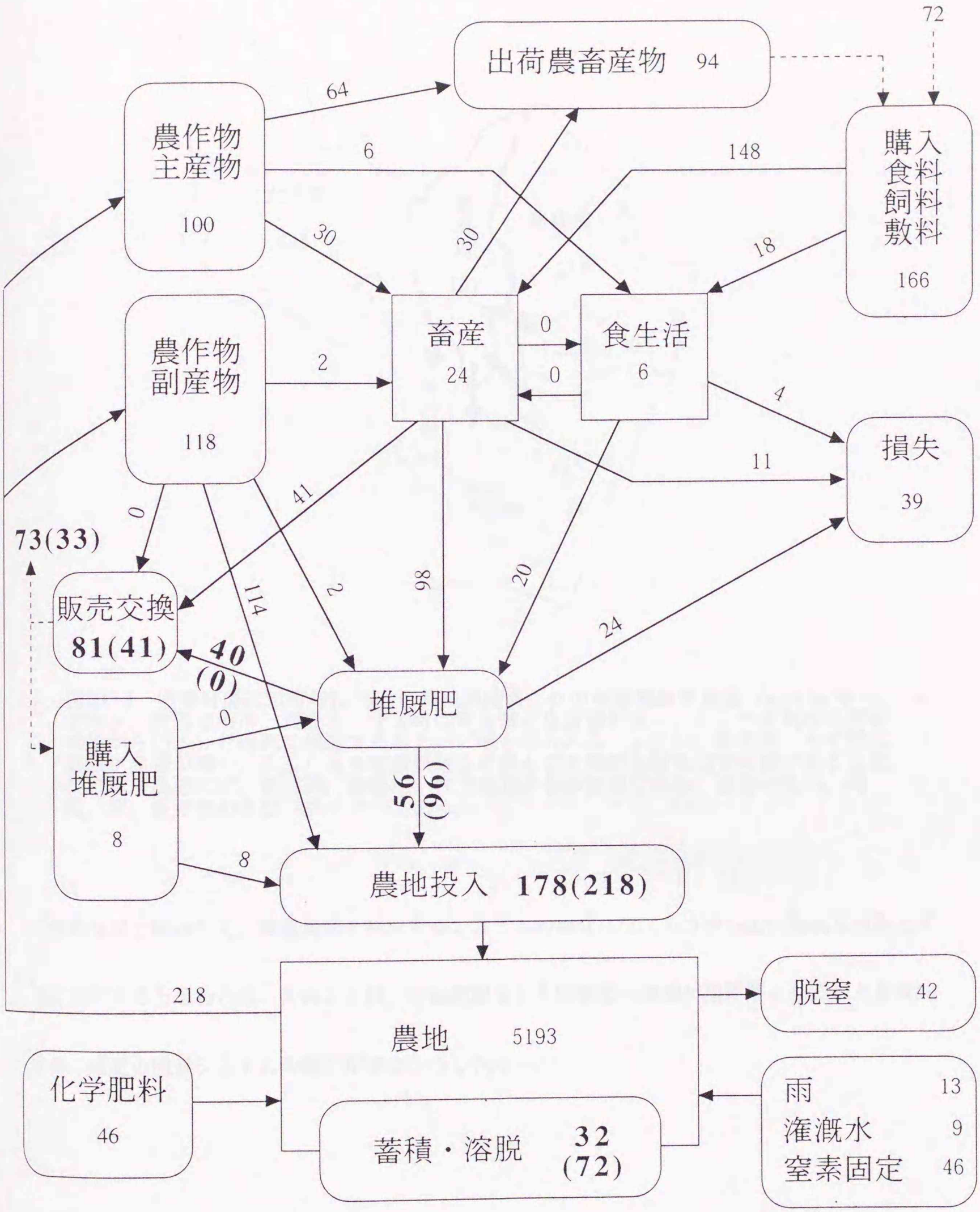


図10.12　里美村において堆厩肥を地域外に持ち出した場合の窒素フロー．廃棄資源を堆厩肥利用し，化学肥料を半減し，農地の残存窒素を吸収する作物を組み込み（図10.10），さらに堆厩肥を地域外に持ち出した．大字が変化した窒素フロー．（）内は変化前（図10.10）の窒素フロー．

□ 現存量　(　) フロー量　　農地面積当たり(kg N ha^{-1} yr^{-1})

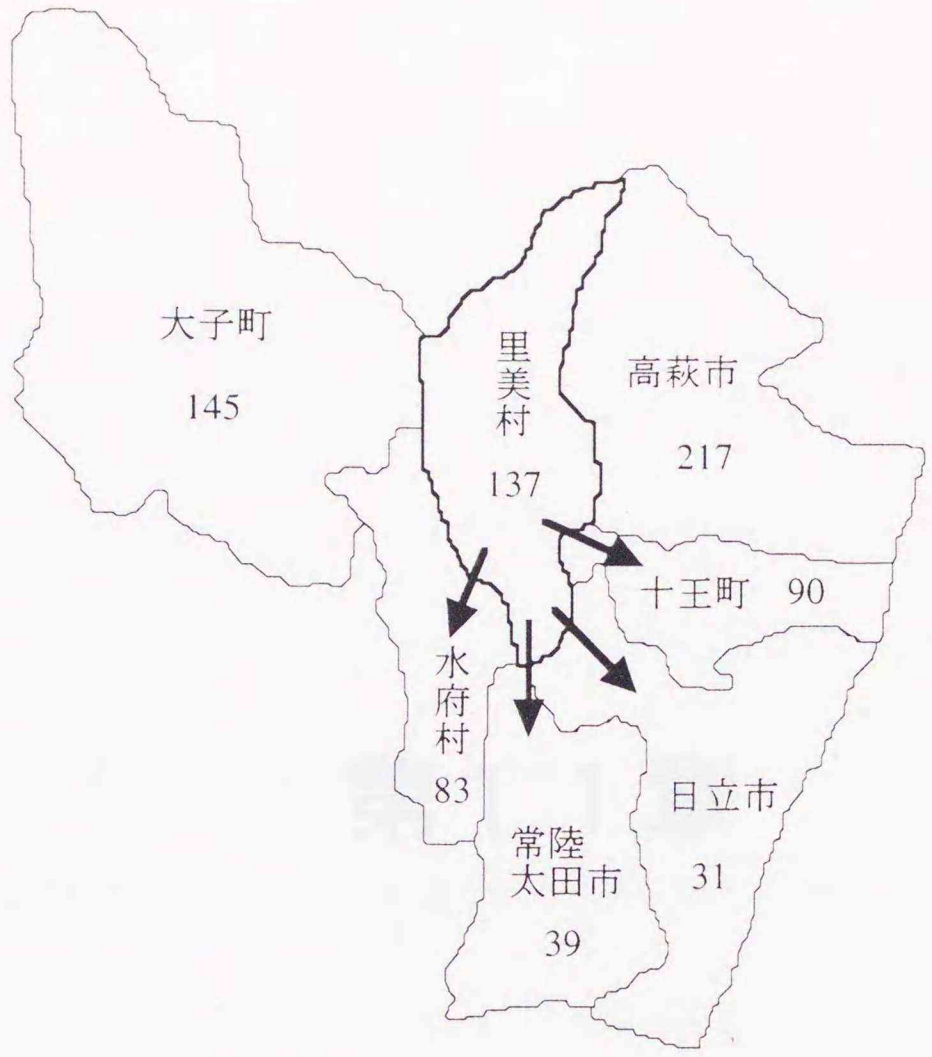


図10.13　里美村周辺市町村における農地面積当たりの家畜糞尿生産量（kgN/ha/年）．水府村，常陸太田市，日立市，十王町は家畜糞尿生産量が低く，ここへ里美村の家畜糞尿から加工した厩肥を供給することが可能と思われる．しかし，高萩市，大子町は糞尿生産量が高く，ここからも家畜糞尿を原料とする厩肥を持ち出す必要があると思われる．農地は田，普通畑，樹園地，牧草地および放牧地である．家畜は乳牛，肉乳，豚，採卵鶏およびブロイラーである．

他の地域と結合して，家畜糞尿を利用するシステムの確立には，もう少し広い地域を対象とする必要があると思われる．このことは，家畜糞尿もしくは厩肥の運搬が遠距離となることを意味する．厩肥の流通システムの確立が必要かもしれない．

第１１章

適正な窒素循環を維持するための有機物管理

11.1　適正な窒素循環のための有機物管理

農村地域では，「農地」→「食料・飼料」→「人・家畜」→「糞尿」→「農地」の窒素循環が存在する．この循環系に，化学肥料の施用や食料・飼料の持ち込みにより，多量の窒素が加わっている．一方，糞尿の廃棄や他地域での利用，農地からの流出により，循環系から出ていく窒素がある．

環境汚染は，この循環系に窒素を適切に乗せることができないことで発生していた．糞尿などの副産物が農地に施用することなく，廃棄されていた．また，農地に施用されている窒素量が多すぎるため，農地から窒素が流出していた．これらは，食料・飼料の地域への持ち込み量が多いこととも関連していた．

環境を保全するためには，窒素を循環系に乗せるように，糞尿などの農業副産物の利用および食料・飼料の供給を管理することが必要である．それには，農地と人口および家畜の飼育頭数とのバランスが重要なポイントであり，そのためにも，農地の確保は重要課題である．

地域に持ち込まれる食料・飼料を少なくすれば，循環系への窒素の添加が少なくなり，環境に流出する窒素量が減る．しかしながら，農地面積が少ないと，食料・飼料を地域内で確保することは困難であり，持ち込まざるを得ない．そこで，食料・飼料の生産地に糞尿を返すことが考えられる．その量は，食料・飼料の供給量と同じにすればよいことが本研究の結果で示されている．

このような食料・飼料の供給に伴う養分の移動は，国際間においても見られる（Miwa，1990）．食料・飼料を生産することは，農地の肥沃を搬出しているようなものであり，農業生産国における農地の肥沃度の低下が懸念されている．また，日本のような食料・飼料の消費国ではである．

輸入された食料・飼料による環境汚染が指摘されている．糞尿などを食料・飼料の消費国から生産国に輸出することも提案されて良いのではないか．

11.2　理想的な窒素循環を実現するために

糞尿などを利用し，窒素循環システムを充実させることは必要であるが，その実現には様々な問題がある．糞尿などを堆厩肥に加工するシステムの確立，堆厩肥の流通システムの確立など数多いが，この実現を妨げる社会的要因が最も大きな問題であると考える．

食料・飼料は地域外から持ち込まれ，自給することはあまりない．それは，現代社会においては，自給することが経済的に効率的でないためではないだろうか．また，し尿や家畜糞尿を堆厩肥に加工し，生産地に返すことも効率的ではないのだろう．これらは堆厩肥に加工するより，処理場で処理した方が楽なのである．現代社会が，窒素を循環させるように有機物を利用することは効率的ではないと判断しているため，有機物の農地還元が行われていないと考えることができる．すると，この課題を克服しない限り，如何に環境保全のためとはいえ，窒素の循環利用は実現しない．

ただ，一方で，有機物を還元利用し，窒素を循環させる必要があることを感じ取っている人もいる．例えば，農家は農地の変化を感じ取り，土作りのための有機物施用を行おうとしている．しかし，農業以外で収入を得ている現在の農家には，専業農家のように時間と労力を掛けた土作りは難しい．この様な状況の中，農家はいろいろと試行錯誤をしている．また，河川や地下水の悪化を感じ取っている住民は，行政に対し対策を要求するとともに，自分の家からの廃水浄化に

関する試みも行っている．

彼らにとっては，有機物を還元利用し，窒素を循環させ，環境汚染を少なくすることは効率的な行為のはずである．すると，それを実現するための技術が用意されればよいと考えることができる．家畜糞尿を安定した良質の堆肥に加工することができ，多量に安価に供給されれ，さらに，その肥効技術が普及すれば，化学肥料を減らし，堆肥を主とする低投入型農業の普及は容易と思われる．

有機物を還元すること，環境汚染をなくすことの必要性を感じ取ることのできる人がいて，それを実現できる技術と制度が用意され，実現の可能性が高まり，ようやく有機物の循環利用が実現できると考える．

有機物の循環利用は全体的な視野から把握できるものである．そこには，有機物を効率的に利用するためのキーポイント，環境汚染を低減するためのキーポイントが示されている．本研究の窒素フローはその全体的な把握が可能な手法として役立つことができると考える．

要約

第1章　緒論

食料を高生産するために，肥料が多量に施用されている．そして，農地からの窒素の流出が起こり，環境汚染が問題となっている．一方，畜産業においては，家畜糞尿の処理が問題となっており，農地に施用することが勧められてる．しかし，農地において，肥料の施用量を低減しようとしているところに，家畜糞尿を施用することには，矛盾が生じる．

農村地域では，農地と人・家畜の間で窒素が循環する系が存在している．かつては，この循環系の窒素を維持することにより，作物生産が行われていた．ところが，近代農業は，作物を生産するために多量の肥料を施用するようになり，家畜を飼養するために多量の配合飼料を与えるようになった．その結果，農地からも，畜産業からも環境汚染が起こるようになった．これは，窒素循環とは無関係に農業が行われるようになったためである．

農業がもたらす環境汚染を低減するためには，有機物を農地に還元し，窒素の循環利用を行うことが必要である．そのためには，農地と人・家畜の間での窒素循環を明らかにする必要がある．そこで，本研究は，農村地域における農地と人・家畜の間での窒素循環を明らかにする手法を開発すると共に，窒素が循環利用されているかどうか，廃棄および農地からの流出により環境を汚染していないかどうかに注目して，農村地域の窒素フローの評価を行うことを目的とする．

第2章　農村地域の窒素フローの位置付け

農業がもたらす環境汚染の研究は数多く行われている．

特に，家畜糞尿がもたらす環境汚染が深刻であることが明らかになっている．そのため，家畜糞尿を堆厩肥に加工し，農地に施用する研究が数多く行われ，堆厩肥に加工される過程の糞尿の変化および作物への肥効が明らかになっている．その一方で，家畜糞尿の排出量がかなり多く，堆厩肥に加工し，農地に施用しただけでは環境汚染はなくならないとの報告もある．

農地には多量の窒素が施用されており，作物に吸収されない窒素が多量に存在する．そのため，農地から窒素が流出し，環境を汚染していることが，多くの調査，研究により明らかになっている．また，それが多量の施肥に起因していることも明らかになっている．そこで，緩効性肥料を用い，施肥量を減らす研究が行われているが，環境へ流出する窒素量が低減する研究はまだ少ない．輪作により，農地に残存している窒素を吸収する研究が行われており，かなり効果があることがわかっている．

窒素の循環利用が適正に行われているかどうかを評価するためには，家畜糞尿の利用や農地における窒素収支を明らかにするだけでは不十分である．そこで，地域において窒素がどの様に循環しているのかを明らかにする研究が必要である．

ところが，地域における窒素フローの研究はまだ数が少ない．国における窒素フローの研究では，輸入食料・飼料および施肥が環境に多大な負荷を与えていることが示されている．酪農家における窒素フローでも同様の特徴が認められた．有機物の還元利用をより明らかにするためには，市町村レベルにおける窒素フローの研究が必要である．しかし，現在のところ，有機物そのもののフローを示した研究があるだけで，窒素フローの研究はまだない．

そこで，市町村レベルにおける窒素フローを明らかにし，有機物還元利用により，適正に窒素循環が行われているかどうかを明らかにすることが，本研究の特徴である．

第3章　窒素フローモデル

農村地域における窒素フローを明らかにするためのモデルを構築した．このモデルは，窒素が循環利用されているかどうか，廃棄および農地からの流出により環境に負荷を与えていないかどうかを評価することを目的として構築した．

具体的には，「農地」－「食料・飼料」－「食生活・畜産」－「糞尿」－「農地」の循環系を基本とした．この循環系に窒素が出入りする経路を加えて，モデルを構築した．窒素が出入りす

る経路としては，「農産物の出荷」および「食料・飼料の購入」，糞尿や作物残渣の「廃棄」および「販売」，そして，化学肥料や溶脱など「農地における窒素の流入・流出」を組み込んだ．

農村地域における窒素フローは統計資料及び研究データを活用して推定した．例えば，農作物生産量は農林水産統計年報を用いた．藁・茎葉などの生産量は副産物生産量に関する報告書を用い，畜産における飼料消費量，家畜糞尿の排出量および利用，廃棄量は畜産統計および家畜糞尿に関する報告書を用いた．食生活における食料消費量，し尿排出量およびその処理については，堆肥・厩肥の施用量は農林水産省のアンケートデータなどを活用し，化学肥料，窒素固定など農地における窒素の供給，流出については施用基準および研究成果を用いて，窒素フローを推定した．

第4章　対象地域の選定

窒素フローを求める農村地域は平地農村地域，都市地域，山間地域を対象とし，それぞれ，茨城県牛久沼集水域，茨城県取手市，茨城県里美村を選定した．

平地農村地域である牛久沼集水域は，農地の面積が地域の約 40 %を占め，農家人口は総人口の約 30 %を占める．農地のうち，約 40 %が水田であり，約 55 %が畑である．家畜は豚が多く飼育されており，農地面積当たり約 2 頭 ha^{-1} 飼育されている．

都市地域である取手市は，人口密度が 2000 人 km^{-2} を越え，農家人口は総人口の 6 %しかない．農地面積は地域面積の 23 %しかなく，そのうちの 73 %が水田で占められている．家畜はほとんど飼養されていない．

山間地域である里美村は，林野面積が地域面積の 90 %を占め，農地面積はわずか 5 %である．農家人口は総人口の 74 %を占めている．農地のうち水田と放牧地が大半を占める．家畜は牛が多く飼養されており，農地面積当たりの飼育頭数は 2.3 頭 ha^{-1} である．

第5章　平地農村地域における窒素フロー

堆厩肥となり得る有機物資源，すなわち，糞尿やわらなどは 142 kg N ha^{-1} yr^{-1} の生産量があるが，ほぼ半分しか利用されていなかった．これは有機物資源の 40 %を占めるし尿・生ゴミのほとんどが処理場で処理されているためである．家畜糞尿やわら・茎葉などはほとんどが農地へ投入されており，窒素の循環利用に寄与していた．

農地に供給される窒素の総量は 250 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，そのうち，堆厩肥などの有機物による窒素供給は 31 %であるのに対し，化学肥料が 44 %を占めていた．流出する窒素の総量は 178 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，72 kg N ha^{-1} yr^{-1} の窒素が過剰に農地に供給されていた．この過剰な窒素が農地から流出すると，環境汚染をもたらす．

糞尿の原料は食料，飼料であり，地域から出荷される農畜産物の量より購入される食料，飼料の量が多い場合，糞尿を地域に入れているとも見なせる．その量は 23 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，あまり多くない．化学肥料の施用量は 109 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，この化学肥料による循環系への窒素の付加が大きい．

牛久沼集水域では，有機物が比較的良く農地還元されており，窒素の循環利用が良く行われている．し尿・生ゴミは廃棄されているが，これを循環利用することが勧められる．また，化学肥料による窒素循環系への付加が大きく，化学肥料の施用量を低くする必要がある．

第6章　都市地域における窒素フロー

都市近郊農村地域の取手市における有機物資源の生産量は 398 kg N ha^{-1} yr^{-1} と多い．これは人口が多いため，し尿・生ゴミが多量に発生するためであり，有機物資源の 84 %を占める．し尿・生ゴミはほとんどが処理場に向かうため，有機物資源の約 84 %，333 kg N ha^{-1} yr^{-1} が廃棄され，環境に負荷を与えていると見積もられた．家畜の飼養頭数が少ないため，家畜糞尿の生産量は低い．これに伴い，農地還元される窒素量も少なく，65 kg N ha^{-1} yr^{-1} であった．このことより，取手市

においては，窒素循環があまり行われていないことがわかる．

農地においては，窒素のインプットの総量が 235 kg N ha^{-1} yr^{-1}，アウトプットの総量が 170 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，65 kg N ha^{-1} yr^{-1} の窒素が過剰に農地に供給されていた．この窒素量は牛久沼集水域よりやや少ない量である．農地への窒素のインプットのうち，有機物の割合は 28 %と低く，有機物の還元利用があまりされていないことがわかる．

購入食料，飼料に伴う窒素量は 358 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，農畜産物出荷量 56 kg N ha^{-1} yr^{-1} より 302 kg N ha^{-1} yr^{-1} も多く，これが地域に過剰に流入してくる窒素量である．このほとんどは食料であり，食生活を経由して，廃棄される．従って，窒素の循環系とはほとんど関係を持たない．

第 7 章　山間地域における窒素フロー

山間農村地域である茨城県里美村では，堆厩肥となり得る有機物資源が 266 kg N ha^{-1} yr^{-1} 生産されており，そのうち 237 kg N ha^{-1} yr^{-1}，89 %が利用されており，処理場で処理される量は 29 kg N ha^{-1} yr^{-1} であった．家畜糞尿は生産量が多く，139 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，販売・交換される量は 41 kg N ha^{-1} yr^{-1}，15 %であり，結果として，地域内に施用される家畜糞尿は 85 kg N ha^{-1} yr^{-1} に抑えられていた．

農地に供給される窒素の総量は 348 kg N ha^{-1} yr^{-1} と多く，それに対し，流出する窒素の総量は 239 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，109 kg N ha^{-1} yr^{-1} の窒素が過剰に農地に供給されていた．この窒素はかなり多く，農地から流出すると，環境に対しかなりの負荷を与えると推測される．農地に供給される窒素のうち，堆厩肥による窒素供給は 78 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，化学肥料による施用量に近い窒素量であり，過剰な窒素供給量が化学肥料のみならず，家畜糞尿にも因っていることがわかる．

購入される食料・飼料が 166 kg N ha^{-1} yr^{-1} であるのに対し，農畜産物の出荷量は 82 kg N ha^{-1} yr^{-1} であり，食料・飼料の供給に伴い，地域外から 84 kg N ha^{-1} yr^{-1} の窒素が地域に入っている．すなわち，地域外からの窒素が，家畜糞尿となり，地域内の農地に還元される．その結果，農地に多量の窒素が供給され，残存し，環境に流出するのである．家畜糞尿の大半は地域外由来である．

従って，家畜糞尿を地域外に持ち出し，厩肥として利用してもらうことが必要である．既に，一部は地域外に持ち出されているが，窒素循環をより完結させるためには，この持ち出し量を一層増やしてやる必要がある．

第８章　各農業地域における窒素フローの比較

有機物資源の生産量は，平地農村地域である牛久沼集水域で 142 kg N ha^{-1} yr^{-1} であるのに対し，都市地域の取手市では牛久沼集水域の約 3 倍，山間地域の里美村では約 2 倍と高かった．平地農村地域では農作物副産物，家畜糞尿，し尿・生ゴミとも同じような生産量を示していたが，都市地域ではし尿・生ゴミにより，山間地域では家畜糞尿により有機物資源の生産量が高くなっていた．

有機物資源の農地への施用率は，平地農村地域が約 50 %であるのに対し，都市地域はわずか約 10 %と低く，逆に，山間地域では約 85 %と高かった．平地農村地域と比較すると，都市地域では，有機物資源の生産量は高いが，農地への施用量は低く，廃棄による環境負荷がかなり高い．一方，山間地域では，比較的生産量の高い有機物資源のほとんどが農地に施用されており，廃棄による環境負荷は少ない．

農地への有機物の施用量の違いは，農地における窒素の残存量（溶脱量）に反映し，平地農村地域および都市地域に比べ，山間地域はかなり高かった．

食料・飼料の供給に伴う地域への窒素の持ち込み量は都市地域で際だって多かった．山間地域もやや多く，平地農村地域では少なかった．この窒素は地域の循環系に付加し，環境汚染を招くため，糞尿などの有機物を適切に利用する必要がある．

平地農村地域では，有機物が還元利用され，窒素循環がよく維持されていた．都市地域では，多量の窒素が購入食料とともに持ち込まれているが，すぐに廃棄されており，窒素循環は貧弱であった．里美村では，購入飼料により多量の窒素が循環系に加わり，糞尿となって，農地に還元

され，農地から流出していた．

第9章　窒素フローの評価

様々な国，地域および農家における窒素フローと本研究の窒素フローの比較を行った．いずれの窒素フローにおいても，食料・飼料の地域外からの多量の持ち込み（国では輸入）および化学肥料の多量の施用が，環境に対しかなりの付加を与えており，本研究と同様の特徴が認められた．また，人口および家畜頭数に対し，農地が広いと，窒素循環が良く維持されることがわかり，本研究の取手市および里美村の窒素フローの問題点と一致していた．

各地域の窒素フローから河川の窒素濃度を見積もった．牛久沼集水域では5.3 mg N L^{-1}，取手市では7.4 mg N L^{-1}，里美村では1.5 mg N L^{-1}になると推定された．牛久沼集水域および取手市は飲料水の水質基準（10 mg N L^{-1}）よりは低いものの，農業用水の水質基準（1 mg N L^{-1}）より高く，河川水質への汚染は低くないと評価された．里美村はかなり低い濃度であるが，山地からの多量の水で希釈された結果であること，河川の最上流部であることを考えると，決して低い濃度ではないといえる．

実測された牛久沼集水域の河川の窒素濃度は2.4 mg N L^{-1}であり，窒素フローからの見積もりの約半分であった．これは，農地から河川に到達するまでの窒素浄化の研究成果から，充分ありうることである．このことより，本研究の窒素フローの見積もりは良いと判断された．

第１０章　環境保全のための対策とその評価

有機物を有効利用し，環境負荷を低減するための対策を行った場合の窒素フローを見積もった．そして，農地に余った窒素量で各対策の効果を評価した．この農地に余った窒素が流出すると，環境汚染をもたらす．

廃棄されている有機物を全て農地還元すると，いずれに地域でも，農地に多量の窒素が残存す

ることになり，その量は化学肥料の施用量より多くなると予測された．特に，取手市では，330 kg N ha^{-1} yr^{-1} にも達する．廃棄される窒素はなくなったが，農地から流出することになり，環境保全のための対策としては評価できなかった．

この多量に農地に余る窒素を循環させるための対策を立てることにする．まず，化学肥料の施用量を半分にする．すると，牛久沼集水域および里美村ではかなり低下し，60～80 kg N ha^{-1} yr^{-1} になったが，取手市では 284 kg N ha^{-1} yr^{-1} とまだ多い．

さらに，イネ科の飼料作物を裏作として組み入れ，農地に残存した窒素を吸収させた場合，牛久沼集水域では 40 kg N ha^{-1} yr^{-1} に低下した．これは雨や灌漑水により供給される窒素量とほぼ同じである．農産物出荷量が増加し，食料・飼料の購入量とほぼ同じになり，地域外と窒素の収支バランスが取れるようになった．この様に窒素の循環利用が完結すると，農業からの環境負荷はなくなる．取手市および里美村は農地が少ないため，作物による吸収量があまり増加せず，効果は少なかった．

取手市および里美村では多量の窒素が食料・飼料の購入により地域に持ち込まれていた．そこで，糞尿を堆厩肥に加工し，地域外に持ち出した場合を想定した．これにより，周辺地域を取り込んでの窒素循環が完結することになる．取手市では 200 kg N ha^{-1} yr^{-1}，里美村では 40 kg N ha^{-1} yr^{-1} の堆厩肥を持ち出すことで，窒素循環が完結すると予測された．また，取手市および里美村の周辺市町村で，堆厩肥を受け入れることが可能であると予想された．

第１１章　適正な窒素循環を維持するための有機物管理

環境汚染は循環系から外れた窒素によりもたらされていた．また，窒素循環が完結するように有機物を利用した場合，環境汚染はなくなることも明らかになった．農地の少ない地域では，地域外から食料・飼料の供給が必要である．この場合，糞尿を食料・飼料の生産地に返して，窒素循環を複合地域で完結することで解決できる．

しかしながら，現代社会では，有機物の農地還元による適正な窒素循環の実現は難しい．これは有機物還元が効率的ではないためと考える．糞尿を肥料として安全で良質の堆肥に加工し，安価に大量に生産する技術があり，加工流通システムが普及すれば，有機物還元が効率的になり，実現が可能になると思われる．

本研究では，有機物を農地還元することにより，適正な窒素循環が得られ，環境負荷が低減できることを示した．この実現のため，有機物利用に関する技術開発および制度の確立が求められる．

引用文献

Aarts, H. F. M., E. E. Biewinga and H. Van Keulen (1992) Dairy farming systems based on efficient nutrient management. Netherlands Journal of Agricultural Science, 40, 285-299.

愛知県農業総合試験場（1994）農業と環境保全ハンドブック，p47-260.

Frissel, M. J. (1978) Cycling of Mineral Nutrients in Agricultural Ecosystems. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 356pp.

羽賀清典（1990）環境汚染の実態と解決技法．畜産の研究，44，103-108.

羽賀清典（1993）家畜糞尿の農耕地利用．用水と廃水，35(10)，49-59.

Hakamata, T.（1990）The effects of animal waste on water pollution and agricultural environment. International Symposium of Environmental Pollution and Agriculture, Seoul National University, Seoul, Korea, p59-70.

袴田共之（1992）バイオエレメント・サイクルー各種スケールの生物生産システムにおける窒素の循環－．システム農学，8(1)，24-34.

袴田共之（1996）農業における資源管理、そして環境．環境研究，100，120-126.

長谷川清善（1992）水田における窒素の動態と環境への影響評価に関する研究．滋賀農試特別研究報告，17，1-164.

長谷川和久（1993）下水道週末処理場発生汚泥の施用が地域土壌の理化学性に及ぼす影響について－事例－．日本土壌肥料学雑誌，64，332-337.

原田靖生（1985）畜産業と水質汚染．肥料，45，57-63.

原田靖生（1992）家畜排泄物の再資源化技術の方向－糞尿処理・利用の現状と今後の方向－．システム農学，8(1)，44-58.

日高　伸（1992）肥効調節型肥料導入実験事業，埼玉県における実施状況．季刊肥料時報，1，37-39.

日高　伸（1994）都市近郊水田用排水の窒素動態と水資源の有効利用に関する研究．日本土壌肥料学雑誌，65，235-239.

House, G. J., B. R. Stinner, D. A. Crossley, Jr. and E. P. Odum（1984）Nitrogen cycling in conventional and no-tillage agro-ecosystems: Analysis of pathways and processes. Journal of Applied Ecology, 21, 991-

1012.

茨城県（1978）地力保全基本調査総合成績書，843pp.

今川正弘・加藤　保・河合伸二・木下忠孝・真弓洋一（1986）畑地土壌および野菜に及ぼす汚泥施用の影響に関する研究，第1報．下水汚泥の連用が作物の生育ならびに鉱質畑土壌の理化学性に及ぼす効果．愛知総合農業試験場研究報告，18，158-167.

井ノ子昭夫（1985）家畜糞の堆肥化についての留意点．農林水産省農業研究センター編，有機物の処理・流通・利用システム－堆肥センターを軸として－，総合農業研究叢書第7号，126-133.

石橋英二・金野隆光・木本英照（1992）反応速度論的方法によるコーティング窒素肥料の溶出評価．日本土壌肥料学雑誌，63，664-668.

石丸圀雄（1976）家畜ふん尿汚水の処理技術．畜産の研究，30，147-151.

石塚成宏・小野寺真一（1997）$\delta^{15}N$ 値による平地林浅層地下水中における脱窒の検証：茨城県南西部常総台地の例．日本土壌肥料学雑誌，68，1-7.

岩元明久・三輪睿太郎（1985）我が国の有機物動態と地力．圃場と土壌，196・197合併号，148-157.

Jenkinson, D. S. and L. C. Parry (1989) The nitrogen cycle in the broadbalk wheat experiment: A model for the turnover of nitrogen through the soil microbial biomass. Soil Biol. Biolchem., 21, 535-541.

金田吉弘・栗崎弘利・村井　隆（1994）肥効調節型肥料を用いた育苗箱全量施肥による水稲不耕起移植栽培．日本土壌肥料学雑誌，65，385-391.

金田吉弘（1995）肥効調節型肥料による施肥技術の新展開 2．不耕起移植栽培の育苗箱全量施肥技術．日本土壌肥料学雑誌，66，176-181.

関東農政局茨城統計情報事務所（1986）茨城農林水産統計年報（昭和60年～61年）．茨城農林水産統計協会，水戸．309pp.

川島博之（1995）食料の生産と水質汚濁．用水と廃水，37，881-885.

建設省都市局下水道部監修（1987）日本の下水道（昭和62年）．

木方展治・結田康一（1992）扇状地水田下の土壌水中硝酸態窒素．日本土壌肥料学雑誌，63，581-589.

越野正義（1994）畜産と環境，北海道農業試験場研究資料 Vol.50，pp.35-47，．

久保井徹（1986）環境庁国立公害研究所における汚泥の土壌還元とその環境影響に関する研究．再生と利用，35，21-25.

久保井徹・服部浩之・広木幹也（1995）下水汚泥連用土壌に対する酸負荷の影響．日本土壌肥料学雑誌，66，552-559.

倉持寛太・永田　修・佐久間俊雄（1994）草地酪農地域における地下水と草地排水の窒素およびリンによる汚染－根釧台地における事例研究 I－．日本土壌肥料学雑誌，65，522-529.

倉島健次（1987）草地における養分動態と養分収支．農業技術大系，土壌肥料編 1，土壌の働きと根圏環境 V，土壌における養分の動態．農産漁村文化協会，東京．p33-39.

倉島健次（1994）．酪農事情，44，p32.

松本成夫・三輪睿太郎・袴田共之（1990）農村地域における有機物フローシステムの現存量とフロー量の推定法．システム農学，6(2)，11-23.

松本成夫・佐藤一良・袴田共之・三輪睿太郎（1992a）茨城県牛久沼集水域における有機物フローの変動評価．日本土壌肥料学雑誌，63，415-421.

松本成夫・袴田共之・佐藤一良・三輪睿太郎（1992b）茨城県牛久沼集水域における有機物フローの地域別変動と農地還元利用の評価．日本土壌肥料学雑誌，63，639-645.

松本成夫・袴田共之（1992c）茨城県取手市における有機物フローの評価．システム農学，8(1)，14-23.

Miwa, E.（1990）Global nutrient flow and degradation of soils and environment. Transaction of 14th International Congress of Soil Science V, p271-276.

三輪睿太郎・岩元明久（1988）わが国の食飼料供給に伴う養分の動態．土の健康と物質循環，博友社，東京，p117-140.

三輪睿太郎・小川吉雄（1990）集中する窒素をわが国の土は消化できるか，科学，58(10)，631-638.

西村　洋（1990）家畜ふん尿の堆肥化施設と運用の実際．畜産の研究，44，175-182.

西尾道徳（1991）世界における家畜糞尿及び肥料による農地への窒素負荷の状況（FAO 統計からの推定）．畜産技術，1991 年 8 月，p1-4.

能代昌雄（1994）草地における家畜ふん尿の有効利用．北海道草地研究会報，28，16-19.

農林省畜産局監修（1978）家畜排泄物の処理・利用の手引き．中央畜産会，東京．213pp.

農林水産省農業研究センター編（1985a）農耕地における有機物施用技術，総合農業研究叢書第5号．232pp.

農林水産省農業研究センター編（1985b），有機物の処理・流通・利用システム－堆肥センターを軸として－，総合農業研究叢書第7号．315pp.

農林水産省経済局統計情報部（1986a）1985年農業センサス 第1巻 都道府県別統計書 8 茨城県．農林統計協会，東京．739pp.

農林水産省経済局統計情報部（1986b）1985 年農業センサス集落カード．農林統計協会，東京．（マイクロフィッシュ）

農林水産省経済局統計情報部（1988a）畜産統計－家畜飼養の概況－（昭和62年2月1日調査），p174-175.

農林水産省経済局統計情報部（1988b）畜産統計－家畜飼養の概況－（昭和62年2月1日調査），p204-205.

農林水産省経済局統計情報部（1993a）平成３年肉用牛生産構造調査報告書，p386.

農林水産省経済局統計情報部（1993b）平成４年豚生産構造調査報告書，p204.

農林水産省経済局統計情報部（1994）平成５年農業構造動態調査報告書－酪農部門構造－，p258-259.

農山漁村文化協会編（1974）有機質肥料のつくり方使い方．農山漁村文化協会，東京．288pp.

OECD（1996）Development of an agricultural nutrient balance indicator. Progress report from Belguim, Joint Working Party of the Committee for Agriculture and the Environment Policy Committee, 51pp.

小川吉雄（1995a）畑地における持続的システム－畑地の窒素循環と施肥管理－．システム農学，11(1)，49-59.

小川吉雄（1995b）水環境，庄子貞雄編（新農法への挑戦－生産・資源・環境との調和－，博友社，東京，p43-62.

小川吉雄（1996）農地における窒素循環の再生－畑作地域における地下水汚染と農法転換の可能

性－．北海道土壌肥料研究通信，第 42 回シンポジウムと特集－物質循環からみた環境保全－，p93-102.

小川吉雄・石川　実・吉原　貢・石川昌男（1979）畑地からの窒素の流出に関する研究．茨城農業試験場特別研究報告，4，1-71.

小川吉雄・小川　奎・千葉恒夫・泉沢　直・石川　実（1988）乾燥豚ふんの多量施用が農業環境に及ぼす影響．農業および園芸，63(5)，45-50.

小川吉雄・酒井　一（1984）畑地から水田内へ流入した硝酸態窒素の動向．日本土壌肥料学雑誌，55，553-538.

小川吉雄・酒井　一（1985）水田における窒素浄化機能の解明．日本土壌肥料学雑誌，56，1-9.

岡井　健・皆川　潔・品田孝雄・高橋昭夫・竹中　健（1993）草地酪農地帯における飼養形態と環境保全について．北獣会誌，37，371-375.

岡本玲子・大島秀雄・山口武則・尾崎保夫・川上一夫・藤井國博（1992）つくば地区における降雨の化学的性状に関するモニタリングデータ（1985 年～1990 年）．農業環境技術研究所資料，13．1-308.

大村邦男（1994）北海道中央部の農耕地における栄養塩類の流出特性．日本土壌肥料学雑誌，65，187-189.

大村邦男（1996）家畜糞尿の活用と酪農地帯の環境保全．北海道土壌肥料研究通信，第 42 回シンポジウムと特集－物質循環からみた環境保全－，p17-24.

尾崎保夫・小川吉雄・高山晴夫・神田健一・八木一行・陽　捷行（1991）浅層地下水に及ぼす特定負荷源からの栄養塩類の影響．資源・生態管理科集録．農林水産省農業環境技術研究所環境管理部資源・生態管理科．p117-132.

尾崎保夫・近藤　正（1995）自然浄化機能を活用した農山村地域の水質改善．用水と廃水，37(1)，32-38.

朴　光来・山本洋司・日高　伸・加藤　茂・熊沢喜久雄（1995）埼玉県における露地野菜畑土壌からの浸透水中の NO_3-N 濃度と $\delta^{15}N$ 値．日本土壌肥料学雑誌，66，146-154.

Rosswall, Thomas and Keith Paustian (1984) Cycling of nitrogen in modern agricultural systems. Plant and

Soil, 76, 3-21.

労働科学研究所（1986）モデル農村地区における有機物循環の実態の解明とその評価．農林水産業における自然エネルギーの効率的利用に関する総合研究，諸和 60 年度委託事業成績書，90pp.

酒田直克・山本一夫・中原秀雄・丸本卓哉（1995）被覆肥料窒素の土壌中での挙動．日本土壌肥料学雑誌，66，253-258.

関矢信一郎（1987）主要耕地における養分動態と養分収支－水田－．農業技術大系，土壌肥料編第1巻，土壌の働きと根圏環境 V，土壌における養分の動態．農産漁村文化協会，東京．p1-12.

志賀一一（1994）農耕地の有機物受け入れ容量と畜産廃棄物．酪農総合研究選書，35，p44.

Shiyomi, M., H. Kirita and S. Takahashi (1992) Energy, nitrogen, phosphorus and carbon budgets at plant, animal and ecosystem levels in grazing grasslands in the Nishinasuno Area, Japan. In: eds., M. Shiyomi, E. Yano, H. Koizumi, D. A. Andow and N. Hokyo, Ecological Processed in Agro-Ecosystems, NIAES+Yokendo Publishers. p173-188.

杉本安寛・平田昌彦・上野昌彦（1987）バヒアグラス放牧草地におけるエネルギーと物質の流れ．日本草地学会誌，32，313-320.

庄子貞雄編（1995）新農法への挑戦－生産・資源・環境との調和－．博友社，東京．381pp.

システム農学会編（1996）新たな時代の食料生産システム．農林統計協会，東京．257pp.

田渕俊雄・高村義親（1985）集水域からの窒素・リンの流出．東京大学出版会，東京．266pp.

高橋能彦・池主俊昭・中野富夫・大山卓爾（1993）大豆栽培圃場において追肥又は深層施肥した被覆尿素の土壌中における動態．日本土壌肥料学雑誌，64，338-340.

築城幹典・原田靖生（1994）家畜の窒素排泄量の推定プログラム．畜産の研究，48，773-776.

築城幹典・原田靖生（1996）酪農経営における物質循環の定量的な把握に関する研究（1）窒素フロー量の推定．システム農学，12(2)，114-117.

上沢正志（1994）持続型集約農業と農耕地土壌養分の管理技術の展望．システム農学，10(2)，129-138.

Van Faassen, H. G. and G. Lebbink (1994) Organic matter and nitrogen dynamics in conventional versus

integrated arable farming. Agriculture, Ecosystems and Environment, 51, 209-266

山田　要（1985）汚泥類の施用効果と施用上限．農林水産省農業研究センター編（農耕地における有機物施用技術，総合農業研究叢書第 5 号，105-120.

野菜・茶試土肥研（1992）耕草地管理に基づく窒素，リンの発生負荷低減に関する研究．農林水産技術会議事務局，研究成果 272，p39-43，p106-114.

Yatazawa, M.（1978）Agro-ecosystems in Japan. M. J. Frissel eds（Cycling of mineral nutrients in agricultural ecosystems，Elsevier Sci. Pub. Com，Amsterdam，p167-179.

吉浦昭二・林　勝實・北崎佳範・桑野幸男（1986）豚ふん堆肥の施用及び作付様式が養水分の動向に及ぼす影響．大分県農業技術センター研究報告，16，43-63.

附表

附表1-1　牛久沼集水域，取手市，里美村における窒素フローの推定に用いた資料

基本的な統計量	資料	文献
・総面積，農地面積，総人口	茨城農林水産統計年報（昭和60年～61年）	1
および農家人口	1985年農業センサス集落カード	2
・家畜頭数	1985年農業センサス 都道部県別統計書 茨城県	3
	1985年農業センサス集落カード	2
・放牧地における家畜頭数	茨城畜産のあゆみ	4

フロー	資料	文献
農作物生産に関するフロー		
・農作物主産物・副産物生産量	茨城農林水産統計年報（昭和60年～61年）	1
	バイオマス資源のエネルギー的総合利用に関する調査	5
・種苗の主産物・副産物生産量	蔬菜園芸ハンドブック	6
・桑の主産物・副産物生産量	繭生産費調査報告	7
・芝の主産物・副産物生産量	芝草と芝地	8
・放牧地における主産物	山間地域における肉用牛飼養技術の確立に関する試験	9
および副産物生産量		
・農作物副産物の処理	バイオマス資源のエネルギー的総合利用に関する調査	5
・農作物の窒素含有率	四訂日本食品標準成分表	10
	日本標準飼料成分表	11
・葉たばこの窒素含有率	煙草の栽培	12
・桑の窒素含有率	農学大事典	13
食生活に関するフロー		
・食生活の窒素現存量	人間の栄養学	14
（人間の窒素）		
・食料消費量	昭和60年度農家生計費統計	15
	昭和60年度農村物価賃金統計	16
	昭和60年度物財統計	17
・食料の窒素含有率	四訂日本食品標準成分表	10
・し尿，生ゴミの排出量	河川汚濁のモデル解析	18
・し尿，生ゴミの処理	モデル農村地区における有機物循環の実態の解明とその評価	19
畜産に関するフロー		
・畜産の窒素現存量	家畜排せつ物の処理・利用の手引き	20
（家畜の窒素）	家畜栄養学	21
・飼料，敷料の消費量	昭和60年畜産物生産費調査報告	22
・畜産生産物の生産量	昭和60年畜産物生産費調査報告	22
・放牧地における採食量	山間地域における肉用牛飼養技術の確立に関する試験	9
・飼料，敷料，畜産生産物の	四訂日本食品標準成分表	10
窒素含有率	日本標準飼料成分表	11
・家畜糞尿の排出量	家畜排せつ物の処理・利用の手引き	20
・家畜糞尿の窒素含有率	有機物の処理・流通・利用システム	23
・家畜糞尿の処理	平成５年農業構造動態調査報告書－酪農部門構造－	24
	平成３年肉用牛生産構造調査報告書	25
	平成４年豚生産構造調査報告書	26
	畜産統計－家畜飼養の概況－昭和62年．採卵鶏	27
	畜産統計－家畜飼養の概況－昭和62年．ブロイラー	28
・蚕の桑消費量	繭生産費調査報告	7
・蚕の生産量	繭生産費調査報告	7

附表1-1のつづき

フロー	資料	文献
農地におけるフロー		
・作土層の窒素蓄積量	地力保全基本調査総合成績書．茨城県	29
・樹木の窒素蓄積量	バイオマス資源のエネルギー的総合利用に関する調査	5
・農地への堆厩肥施用量	土壌管理実態調査アンケートデータ	30
・堆厩肥の窒素含有率	農耕地における有機物施用技術	31
	農耕地における土壌有機物変動の予測と有機物施用基準の策定	32
・化学肥料施用量	茨城県における主要作物の施用基準について	33
	農業技術大系．ムギ．関東東山地域の肥効と施肥	34
	農業技術大系．ソバ．栽培の基本技術	35
	農業技術大系．精農家のダイズ栽培技術	36
	農業技術大系．精農家のアズキ栽培技術	37
	農業技術大系．作物別施肥技術－らっかせい－	38
	農業技術大系．主要耕地における養分動態と養分収支－畑－	39
	農業技術大系．特用・特産の施肥技術－コンニャク－	40
	農業技術大系．主要耕地における養分動態と養分収支－草地－	41
	農業技術大系．飼料作物の施肥技術－イタリアンライグラス－	42
	農業技術大系．飼料作物の施肥技術－サイレージ用トウモロコシ－	43
	飼料作物・草地ハンドブック	44
・窒素固定量	Cycling of nimeral nutrients in agricultural ecosystems. Agro-ecosystems in Japan	45
	農業技術大系．アズキ根粒の働き	46
	農業技術大系．根粒菌の利用	47
・脱窒量	Cycling of nimeral nutrients in agricultural ecosystems. Agro-ecosystems in Japan	45
・降雨による窒素供給量	筑波地区における降雨の化学的性状に関するモニタリングデータ	48
	茨城県気象年報．平成５年	49
・潅漑による窒素供給量	農業技術大系．主要耕地における養分動態と養分収支－水田－	50

差し引きから求めるフロー	算出方法
・農作物主産物の出荷量	＝農作物主産物生産量－食糧自給量－飼料自給量
・農作物副産物の農地投入量	＝農作物副産物生産量－敷料自給量－廃棄量－堆肥化量－販売交換量
・食生活からの損失量	＝食料消費量－自給飼料における残飯量－し尿生ゴミの排出量
・畜産からの損失量	＝飼料敷料消費量－畜産物出荷量－畜産廃棄物排出量 －自給食料における畜産物量
・堆厩肥からの損失量	＝家畜糞尿の厩肥化量＋農作物副産物の堆肥化量 ＋堆厩肥原料として購入される量－自給堆厩肥施用量
・購入食料・飼料・敷料	＝食料購入量＋飼料敷料の購入量
・農畜産物出荷	＝農作物主産物出荷量＋畜産物出荷量
・損失	＝畜産からの損失量＋食生活からの損失量
・廃棄	＝農作物副産物からの廃棄量＋食生活からの廃棄量＋畜産からの廃棄量

附表 1-2　窒素フロー推定に用いた資料文献

1) 関東農政局茨城統計情報事務所（1986）茨城農林水産統計年報（昭和 60 年～61 年）．茨城農林水産統計協会，水戸．309pp.
2) 農林水産省経済局統計情報部（1986）1985 年農業センサス集落カード．農林統計協会，東京．（マイクロフィッシュ）
3) 農林水産省経済局統計情報部（1986）1985 年農業センサス 第 1 巻 都道府県別統計書 8 茨城県．農林統計協会，東京．739pp.
4) 茨城県農林水産部畜産課（1983）茨城畜産のあゆみ，p380-389.
5) 科学技術庁資源調査所（1982）バイオマス資源のエネルギー的総合利用に関する調査，388pp.
6) 秋山良三編（1974）蔬菜園芸ハンドブック．養賢堂，東京．p63.
7) 農林水産省経済局統計情報部（1987）昭和 60 年産繭生産費調査報告．農林統計協会，東京．p44-47.
8) 江原　薫（1984）芝草と芝地－造成と管理－．養賢堂，東京．p311-312.
9) 関　正博・今村順郎・大林康信・加藤康明（1993）山間地域における肉用牛飼養技術の確立に関する試験，１．肉用繁殖牛の省力放システムの実証試験．茨城県畜産試験場山間地支場年報 4．p91-97.
10) 科学技術庁資源調査会編（1982）四訂日本食品標準成分表．大蔵省印刷局，東京．707pp.
11) 農林水産省農林水産技術会議事務局編（1983）日本標準飼料成分表（1980 年版）－無機物・アミノ酸改訂版－．中央畜産会，東京．160pp.
12) 大熊規矩男（1950）煙草の栽培．朝倉書店，東京．p90.
13) 農学大事典編集委員会（1968）桑葉の成分表．農学大事典．p1047.
14) テイラー T.G.，坂本清 訳（1980）人間の栄養学．朝倉書店，東京．p18.
15) 農林水産省経済局統計情報部（1987）昭和 60 年度農家生計費統計．農林統計協会，東京．93pp.
16) 農林水産省経済局統計情報部（1987）昭和 60 年度農村物価賃金統計．農林統計協会，東京．248pp.
17) 農林水産省経済局統計情報部（1987）昭和 60 年度物財統計．農林統計協会，東京．173pp.
18) 國松孝男・村岡浩爾（1989）河川汚濁のモデル解析．技報堂，東京．p12.
19) 労働科学研究所（1986）モデル農村地区における有機物循環の実態の解明とその評価．農林水産業における自然エネルギーの効率的利用に関する総合研究，諸和 60 年度委託事業成績書．90pp.
20) 農林省畜産局監修（1978）家畜排泄物の処理・利用の手引き．中央畜産会，東京．213pp.
21) 森本　宏（1961）家畜栄養学．養賢堂，東京．p1.
22) 農林水産省経済局統計情報部（1986）昭和 60 年度畜産物生産費調査報告．農林統計協会，東京．187pp.
23) 農林水産省農業研究センター（1985）有機物の処理・流通・利用システム．総合農業研究叢書第 7 号．p83.
24) 農林水産省経済局統計情報部（1994）平成 5 年農業構造動態調査報告書－酪農部門構造－．

p258-259.
25) 農林水産省経済局統計情報部（1993）平成３年肉用牛生産構造調査報告書．p387.
26) 農林水産省経済局統計情報部（1993）平成４年豚生産構造調査報告書．p204-205.
27) 農林水産省経済局統計情報部（1988）畜産統計－家畜飼養の概況－（昭和 62 年２月１日調査）．p175.
28) 農林水産省経済局統計情報部（1988）畜産統計－家畜飼養の概況－（昭和 62 年２月１日調査）．p205．.
29) 茨城県（1978）地力保全基本調査総合成績書．843pp.
30) 農林水産省農産園芸局（1995）土壌管理実態調査アンケート第３巡目（1990 年～1994 年）データ．（私信）
31) 農林水産省農業研究センター（1985）農耕地における有機物施用技術．総合農業研究叢書第５号．p135.
32) 農林水産省農林水産技術会議事務局（1985）農耕地における土壌有機物変動の予測と有機物施用基準の策定．研究成果シリーズ第 166 集．p17，p21，p25.
33) 茨城県（1989）主要作物の施肥基準について．土壌保全事業成績検討会資料.
34) 琴寄　融（1986）ムギ，施肥と土壌管理，関東東山地域の肥効と施肥．農業技術大系，作物編，第４巻畑作基本編．農産漁村文化協会，東京．p157-160.
35) 長瀬嘉迪（1986）ソバ，栽培の基本技術．農業技術大系，作物編，第７巻トウモロコシ・オカボ・ナタネ・ソバ・アワ・ヒエ・キビ．農産漁村文化協会，東京．p66.
36) 古厩留男（1986）精農家のダイズ栽培技術－厚播きと間引きで欠株防止、輪作体系で安定生産－．農業技術大系，作物編，第６巻ダイズ・アズキ・ラッカセイ，ダイズ．農産漁村文化協会，東京．p63-71.
37) 梶山　攻（1986）精農家のアズキ栽培技術－麦作との結合、害虫の適期防除で安定確収－．農業技術大系，作物編，第６巻ダイズ・アズキ・ラッカセイ，アズキ．農産漁村文化協会，東京．p49-55.
38) 屋敷隆士（1985）作物別施肥技術－ラッカセイ－．農業技術大系，土壌施肥編，第６巻施肥の原理と施肥技術．農産漁村文化協会，東京．p355-358.
39) 金野隆光（1987）主要耕地における養分動態と養分収支－畑－．農業技術大系，土壌肥料編，第１巻土壌の働きと根圏環境，Ｖ土壌における養分の動態．農産漁村文化協会，東京．p13-22.
40) 松本泰彦（1986）特用・特産の施肥技術－コンニャク－．農業技術大系，土壌施肥編，第６巻施肥の原理と施肥技術，施肥技術．農産漁村文化協会，東京．p411-415.
41) 倉島健次（1987）主要耕地における養分動態と養分収支－草地－．農業技術大系，土壌肥料編，第１巻土壌の働きと根圏環境，Ｖ土壌における養分の動態．農産漁村文化協会，東京．vp33-39.
42) 小池袈裟市（1986）飼料作物の施肥技術－イタリアンライグラス－．農業技術大系，土壌施肥編，第６巻施肥の原理と施肥技術．農産漁村文化協会，東京．p484-486.

附表 1-2　窒素フロー推定に用いた資料文献のつづき

43) 戸沢英男（1987）飼料作物の施肥技術－サイレージ用トウモロコシー．農業技術大系，土壌肥料編，第 6 巻施肥の原理と施肥技術．農産漁村文化協会，東京．p475-478.

44) 三井計夫（1968）飼料作物・草地ハンドブック．養賢堂，東京．p89.

45) Yatazawa, M.（1978）Agro-ecosystems in Japan. In M. J. Frissel eds : Cycling of mineral nutrients in agricultural ecosystems. Elsevier Sci. Pub. Com., Amsterdam. p167-179.

46) 沢口正利（1976）アズキ根粒の働き．農業技術大系，作物編，第 6 巻ダイズ・アズキ・ラッカセイ，アズキ，基礎技術編，アズキ栽培の基礎理論．農産漁村文化協会，東京．p13-20.

47) 金森哲夫（1986）根粒菌の利用．農業技術大系，土壌施肥編，第 7 巻各種肥料・資材の特性と利用，資材の特性と利用，微生物資材．農産漁村文化協会，東京．p95-97.

48) 岡本玲子・大嶋秀雄．山口武則・尾崎保夫・川上一夫・藤井國博（1992）筑波地区における降雨の化学的性状に関するモニタリングデータ（1985 年～1990 年）．農業環境技術研究所資料第 13 号．p1-308.

49) 水戸地方気象台（1993）茨城県気象年報－平成 5 年－.

50) 関矢信一郎（1987）主要耕地における養分動態と養分収支－水田－．農業技術大系，土壌肥料編，第 1 巻土壌の働きと根圏環境，Ⅴ土壌における養分の動態．農産漁村文化協会，東京．p1-12.

附表2-1　牛久沼集水域における農作物主産物生産量および農作物副産物の生産量，還元量，廃棄量の計算

農作物主産物生産量	農作物副産物生産量	還元量	廃棄量
496.170	253.362	213.339	40.024
tN	tN	tN	tN

作物種類	収穫面積	農作物主産物		農作物副産物			
		単位生産量	総生産量	単位生産量		総生産量	
				還元	廃棄	還元	廃棄
	a	kgN/10a	tN	kgN/10a	kgN/10a	tN	tN
合計			496.17			213.34	40.02
稲	274,670	5.405	148.45	4.270	0.333	117.27	9.14
麦類	55,896	6.130	34.27	1.937	0.000	10.83	0.00
雑穀	1,103	2.153	0.24	1.214	0.000	0.13	0.00
いも類	8,960	5.322	4.77	1.975	0.000	1.77	0.00
豆類	55,916	8.391	46.92	2.831	0.000	15.83	0.00
工芸農作物	5,218	8.471	4.42	0.167	0.914	0.09	0.48
野菜類	56,777	5.625	31.94	7.129	0.000	40.48	0.00
花き・花木・芝	111,851	19.178	214.51	0.000	2.629	0.00	29.40
種苗・苗木類	2,178	2.256	0.49	0.000	0.000	0.00	0.00
飼料用作物	5,514	14.680	8.09	8.294	0.000	4.57	0.00
果樹	16,279	0.476	0.78	13.413	0.000	21.83	0.00
茶	961	2.933	0.28	5.520	0.000	0.53	0.00
桑	739	13.789	1.02	0.000	13.520	0.00	1.00

収穫面積は牛久沼集水域内の集落の農業センサス集落カードにおける各作物種類の収穫面積の合計である．
種苗・苗木類の農作物主産物の単位生産量は附表2-2の数値を用いた．
花き・花木・芝および桑における主産物生産量，副産物還元量，副産物廃棄量の単位生産量は表3.3と表3.5より引用した．
その他の作物種類における農作物主産物生産量は附表2-3の数値を用い，農作物副産物の農地に還元される量は附表2-4と附表2-6より引用し，廃棄される量は附表2-5より引用した．

附表2-2　牛久沼集水域における種苗の主産物生産量の計算

作物	定植数	収穫回数	苗の大きさ	作付面積	面積比率	生産量
	本/10a	回	g/本	ha	%	kg/10a
タマネギ	26,500	2	9.0	18	2.8	13.19
ネギ	22,500	2	2.5	132	20.3	22.81
キャベツ	2,500	4	6.5	52	8.0	5.19
ハクサイ	3,250	1	5.5	339	52.1	9.31
レタス	9,000	2	6.5	29	4.5	5.21
カボチャ	760	1	5.5	23	3.5	0.15
トマト	3,150	2	8.0	41	6.3	3.17
エンドウ	2,200	1	2.5	13	2.0	0.11
イチゴ	6,500	2	5.0	4	0.6	0.40

単位面積当たり主産物生産量	59.54 kg/10a
蔬菜の窒素含有率	3.79 %
単位面積当たり主産物生産窒素量	2.26 kgN/10a

作付面積は附表2-7より引用した．

附表2-3　牛久沼集水域における作物種類ごとの農作物主産物の単位生産量の計算

作物					作物種類			
	作付面積	生産量	窒素率	窒素量		作付面積	総窒素量	単位面積窒素量
	ha	t	%	tN		ha	tN	kgN/10a
稲	7,803	33,910	1.244	421.74	稲	7,803	421.74	5.405
麦類	1,607	5,470	1.801	98.52	麦類	1,607	98.52	6.130
そば	31	39	1.712	0.67	雑穀	31	0.67	2.153
かんしょ	192	3,857	0.320	12.34	いも類	349	18.57	5.322
ばれいしょ	157	3,246	0.192	6.23				
大豆	129	254	6.182	15.70	豆類	216	18.12	8.391
小豆	30	23	3.248	0.75				
いんげん豆	11	10	3.184	0.32				
さやえんどう	13	82	0.512	0.42				
さやいんげん	33	244	0.384	0.94				
らっかせい	1,262	2,340	4.652	108.86	工芸農作物	1,311	111.05	8.471
葉たばこ	49	78	2.810	2.19				
だいこん	256	10,276	0.128	13.15	野菜類	2,109	118.62	5.625
かぶ	7	170	0.272	0.46				
にんじん	91	2,573	0.192	4.94				
ごぼう	76	1,413	0.448	6.33				
れんこん	2	20	0.336	0.07				
はくさい	339	17,682	0.176	31.12				
キャベツ	52	1,569	0.224	3.51				
ほうれんそう	78	916	0.528	4.84				
ねぎ	132	2,807	0.176	4.94				
なす	72	1,627	0.176	2.86				
トマト	41	2,351	0.112	2.63				
きゅうり	67	2,314	0.160	3.70				
かぼちゃ	23	424	0.208	0.88				
ピーマン	13	397	0.144	0.57				
いちご	4	27	0.144	0.04				
すいか	314	12,914	0.112	14.46				
露地メロン	214	4,969	0.112	5.57				
未成熟とうもろこ	146	1,750	0.528	9.24				
さといも	79	986	0.416	4.10				
やまのいも	29	521	0.352	1.83				
たまねぎ	18	396	0.160	0.63				
レタス	29	587	0.160	0.94				
カリフラワー	27	339	0.528	1.79				
ソルゴー	69	4,525	0.288	13.03	飼料用作物	412	60.48	14.680
牧草まぜまき	14	784	0.480	3.76				
家畜用ビート	4	153	0.192	0.29				
飼料用かぶ	44	2,202	0.192	4.23				
青刈とうもろこし	153	8,265	0.208	17.19				
牧草いね科	128	6,867	0.320	21.97				
ぶどう	9	70	0.080	0.06	果樹	524	2.49	0.476
日本なし	35	828	0.048	0.40				
うめ	42	54	0.112	0.06				
かき	24	159	0.064	0.10				
くり	414	435	0.432	1.88				
茶	30	64	1.375	0.88	茶	30	0.88	2.933

作付面積および収穫量は附表2-7より引用した.

附表2-4　牛久沼集水域における作物種類ごとの還元副産物の単位生産量の計算

作物							作物種類			
	作付面積	主産物生産量	還元副／主比[*1]	還元副産物生産量				作付面積	総窒素量	単位面積窒素量
				生産量	窒素率	窒素量				
	ha	t		t	%	tN		ha	tN	kgN/10a
稲	7,803	33,910	1.428	48,423	0.688	333.15	稲	7,803	333.15	4.270
麦類	1,607	5,470	1.388	7,592	0.410	31.13	麦類	1,607	31.13	1.937
そば	31	39	1.058	41	0.912	0.38	雑穀	31	0.38	1.214
かんしょ	192	3,857	0.426	1,643	0.272	4.47	いも類	349	6.89	1.975
ばれいしょ	157	3,246	0.212	688	0.352	2.42				
大豆	129	254	1.396	355	1.088	3.86	豆類	216	6.12	2.831
小豆	30	23	0.894	21	0.976	0.20				
いんげん豆	11	10	0.848	8	1.008	0.09				
さやえんどう	13	82	0.600	49	1.008	0.50				
さやいんげん	33	244	0.600	146	1.008	1.48				
らっかせい	1,262	2,340	−	−	−	−	工芸農作物	1,311	2.19	0.167
葉たばこ	49	78	1.000	78	2.810	2.19				
だいこん	256	10,276	0.631	6,484	0.320	20.75	野菜類	2,109	150.36	7.129
かぶ	7	170	0.400	68	0.336	0.23				
にんじん	91	2,573	0.553	1,423	0.480	6.83				
ごぼう	76	1,413	1.217	1,720	0.480	8.25				
れんこん	2	20	0.200	4	0.336	0.01				
はくさい	339	17,682	0.534	9,442	0.400	37.77				
キャベツ	52	1,569	0.672	1,054	0.272	2.87				
ほうれんそう	78	916	0.200	183	0.528	0.97				
ねぎ	132	2,807	0.200	561	0.176	0.99				
なす	72	1,627	0.491	799	0.400	3.20				
トマト	41	2,351	0.588	1,382	0.400	5.53				
きゅうり	67	2,314	0.620	1,435	0.400	5.74				
かぼちゃ	23	424	0.648	275	0.400	1.10				
ピーマン	13	397	0.600	238	0.400	0.95				
いちご	4	27	0.480	13	0.496	0.06				
すいか	314	12,914	0.600	7,748	0.400	30.99				
露地メロン	214	4,969	0.600	2,981	0.400	11.93				
未成熟とうもろこ	146	1,750	1.200	2,100	0.352	7.39				
さといも	79	986	0.608	599	0.320	1.92				
やまのいも	29	521	0.200	104	0.320	0.33				
たまねぎ	18	396	0.200	79	0.176	0.14				
レタス	29	587	0.470	276	0.160	0.44				
カリフラワー	27	339	1.100	373	0.528	1.97				
ソルゴー	69	4,525	0.444	2,009	0.288	5.79	飼料用作物	412	34.17	8.294
牧草まぜまき	14	784	0.444	348	0.480	1.67				
家畜用ビート	4	153	0.444	68	0.192	0.13				
飼料用かぶ	44	2,202	0.444	978	0.192	1.88				
青刈とうもろこし	153	8,265	0.444	3,670	0.208	7.63				
牧草いね科	128	6,867	0.444	3,049	0.560	17.07				

*1 主産物生産量に対する農作物副産物の農地還元部分の生産量の比率
作付面積および収穫量は附表2-7より引用した.

附表2-5　牛久沼集水域における廃棄される農作物副産物の単位量の計算

作物							作物種類			
	作付面積	主産物生産量	廃棄副／主比[*1]	還元副産物生産量				作付面積	総窒素量	単位面積窒素量
				生産量	窒素率	窒素量				
	ha	t		t	%	tN		ha	tN	kgN/10a
稲	7,803	33,910	0.171	5,799	0.448	25.98	稲	7,803	25.98	0.333
らっかせい	1,262	2,340	0.941	2,202	0.544	11.98	工芸農作物	1,311	11.98	0.914
葉たばこ	49	78	−	−	−	−				

*1 主産物生産量に対する農作物副産物の廃棄部分の生産量の比率
作付面積および収穫量は附表2-7より引用した.

附表2-6 牛久沼集水域の果樹と茶における農作物副産物の単位生産量の計算

作物					作物種類			
	栽培面積	農作物副産物				総面積	総窒素量	単位面積窒素量
		生産量	窒素率	窒素量				
	ha	tDW/ha		tN		ha	tN	kgN/10a
ぶどう	9	4.0	2.60%	0.936	果樹	524	70.283	13.413
日本なし	35	4.5	2.50%	3.938				
うめ	42	5.0	2.50%	5.250				
かき	24	5.5	2.45%	3.234				
くり	414	5.5	2.50%	56.925				
茶	30	4.0	1.38%	1.656	茶	30	1.656	5.520

これらの副産物は全て農地に還元される.

栽培面積は附表2-7より引用した.

附表2-7　牛久沼集水域の市町村における農作物の作付面積および収穫量

	牛久市		茎崎町		つくば市谷田部		伊奈町	
	作付面積	収穫量	作付面積	収穫量	作付面積	収穫量	作付面積	収穫量
	ha	t	ha	t	ha	t	ha	t
稲	671	2,840	534	2,060	1,470	5,910	2,010	9,290
麦類	69	236	180	627	404	1,350	410	1,400
そば	1	1	2	2	5	6	1	1
かんしょ	114	2,280	15	285	37	762	10	200
ばれいしょ	25	500	15	323	49	1,010	9	198
大豆	4	6	3	5	14	28	29	58
小豆	6	5	4	3	4	3	4	3
いんげん豆	3	2	2	2	2	2	0	0
さやえんどう	2	15	1	7	2	12	1	6
さやいんげん	9	76	2	15	3	22	4	27
葉たばこ	1	2	2	3	9	13	0	0
らっかせい	348	612	158	288	330	644	72	130
だいこん	162	6,670	24	976	22	834	16	620
かぶ	4	108	1	20	1	20	0	0
にんじん	10	228	4	92	18	550	48	1,420
ごぼう	28	560	12	240	22	385	4	64
れんこん	0	0	1	10	0	0	0	0
はくさい	118	6,610	20	1,040	159	7,980	8	380
キャベツ	15	470	7	218	9	271	6	172
ほうれんそう	25	250	16	160	14	191	8	108
ねぎ	18	384	16	353	22	450	47	1,020
なす	11	212	9	178	29	744	5	108
トマト	13	630	6	247	7	400	5	289
きゅうり	19	724	11	259	11	374	6	180
かぼちゃ	5	74	3	36	3	64	4	85
ピーマン	1	20	1	21	7	235	1	29
いちご	0	0	0	0	2	17	1	5
すいか	158	6,790	28	1,200	113	4,390	2	65
露地メロン	35	883	24	525	145	3,380	1	14
未成熟とうもろこし	42	462	16	176	37	481	14	168
さといも	36	432	13	137	20	300	3	38
やまのいも	3	60	1	20	16	288	2	34
たまねぎ	1	22	1	22	3	60	4	88
レタス	7	150	4	76	10	196	5	102
カリフラワー	6	84	3	39	16	175	1	21
ソルゴー	7	518	20	1,480	6	360	3	177
牧草まぜまき	3	168	11	616	0	0	0	0
家畜用ビート	1	41	0	0	1	38	1	37
飼料用かぶ	15	735	4	200	10	506	3	152
青刈とうもろこし	38	2,200	30	1,770	23	1,170	15	750
牧草いね科	32	1,820	44	2,510	13	640	6	294
ぶどう	6	50	1	7	0	0	0	0
日本なし	15	394	0	0	3	83	2	43
うめ	5	8	7	7	8	11	5	7
かき	6	43	4	27	6	34	2	0
くり	81	84	47	48	195	212	18	20
茶	7	9	4	7	6	12	1	2

附表2-7のつづき

	つくば市豊里		つくば市筑波		つくば市大穂		合計	
	作付面積	収穫量	作付面積	収穫量	作付面積	収穫量	作付面積	収穫量
	ha	t	ha	t	ha	t	ha	t
稲	742	3,090	1,610	7,540	766	3,180	7,803	33,910
麦類	154	530	239	811	151	516	1,607	5,470
そば	6	8	12	16	4	5	31	39
かんしょ	7	147	5	100	4	83	192	3,857
ばれいしょ	31	642	19	393	9	180	157	3,246
大豆	18	36	48	96	13	25	129	254
小豆	4	3	4	3	4	3	30	23
いんげん豆	1	1	2	2	1	1	11	10
さやえんどう	1	6	5	30	1	6	13	82
さやいんげん	3	21	9	63	3	20	33	244
葉たばこ	25	39	3	5	9	16	49	78
らっかせい	150	285	64	115	140	266	1,262	2,340
だいこん	10	373	13	465	9	338	256	10,276
かぶ	0	0	0	0	1	22	7	170
にんじん	3	85	4	100	4	98	91	2,573
ごぼう	4	68	3	48	3	48	76	1,413
れんこん	0	0	1	10	0	0	2	20
はくさい	18	900	4	190	12	582	339	17,682
キャベツ	4	118	7	206	4	114	52	1,569
ほうれんそう	5	70	5	67	5	70	78	916
ねぎ	15	310	8	168	6	122	132	2,807
なす	6	129	7	151	5	105	72	1,627
トマト	6	520	2	137	2	128	41	2,351
きゅうり	9	404	5	129	6	244	67	2,314
かぼちゃ	3	63	3	60	2	42	23	424
ピーマン	2	62	0	0	1	30	13	397
いちご	1	5	0	0	0	0	4	27
すいか	3	108	1	27	9	334	314	12,914
露地メロン	3	55	1	14	5	98	214	4,969
未成熟とうもろこし	12	150	11	138	14	175	146	1,750
さといも	2	24	3	33	2	22	79	986
やまのいも	2	34	3	51	2	34	29	521
たまねぎ	2	43	5	118	2	43	18	396
レタス	1	21	1	21	1	21	29	587
カリフラワー	0	0	1	20	0	0	27	339
ソルゴー	5	300	22	1,330	6	360	69	4,525
牧草まぜまき	0	0	0	0	0	0	14	784
家畜用ビート	0	0	0	0	1	37	4	153
飼料用かぶ	1	50	4	202	7	357	44	2,202
青刈とうもろこし	5	255	19	960	23	1,160	153	8,265
牧草いね科	2	98	26	1,260	5	245	128	6,867
ぶどう	1	7	0	0	1	6	9	70
日本なし	1	27	3	82	11	199	35	828
うめ	3	4	11	13	3	4	42	54
かき	1	11	3	24	2	20	24	159
くり	31	31	26	25	16	15	414	435
茶	6	22	3	6	3	6	30	64

附表3-1　取手市における農作物主産物生産量および農作物副産物の生産量，還元量，廃棄量の計算

					還元量	廃棄量
農作物主産物生産量	57.232 tN	農作物副産物生産量	46.461 tN		44.008 tN	2.453 tN

農作物	農作物主産物			農作物副産物					
	収穫量	窒素率	生産量	副産物/主産物の比		窒素率		還元量	廃棄量
	t		tN	還元	廃棄	還元	廃棄	tN	tN
合計			57.232					44.008	2.453
水稲	2980	1.244%	37.062	1.428	0.171	0.688%	0.448%	29.277	2.283
陸稲	15	1.244%	0.187	1.428	0.171	0.688%	0.448%	0.147	0.011
小麦	110	1.801%	1.981	1.388	0.000	0.410%	−	0.626	−
六条大麦	43	1.801%	0.774	1.388	0.000	0.410%	−	0.245	−
かんしょ	152	0.320%	0.486	0.426	0.000	0.272%	−	0.176	−
ばれいしょ	185	0.192%	0.355	0.212	0.000	0.352%	−	0.138	−
らっかせい	31	4.652%	1.442	0.000	0.941	−	0.544%	−	0.159
大豆	12	6.182%	0.742	1.396	0.000	1.088%	−	0.182	−
小豆	2	3.248%	0.065	0.894	0.000	0.976%	−	0.017	−
いんげんまめ	1	3.184%	0.032	0.848	0.000	1.008%	−	0.009	−
だいこん	389	0.128%	0.498	0.631	0.000	0.320%	−	0.785	−
かぶ	48	0.272%	0.131	0.400	0.000	0.336%	−	0.065	−
にんじん	177	0.192%	0.340	0.553	0.000	0.480%	−	0.470	−
ごぼう	51	0.448%	0.228	1.217	0.000	0.480%	−	0.298	−
はくさい	216	0.176%	0.380	0.534	0.000	0.400%	−	0.461	−
キャベツ	447	0.224%	1.001	0.672	0.000	0.272%	−	0.817	−
ほうれんそう	150	0.528%	0.792	0.200	0.000	0.528%	−	0.158	−
ねぎ	388	0.176%	0.683	0.200	0.000	0.176%	−	0.137	−
なす	167	0.176%	0.294	0.491	0.000	0.400%	−	0.328	−
トマト	261	0.112%	0.292	0.588	0.000	0.400%	−	0.614	−
きゅうり	634	0.160%	1.014	0.620	0.000	0.400%	−	1.572	−
かぼちゃ	29	0.208%	0.060	0.648	0.000	0.400%	−	0.075	−
ピーマン	19	0.144%	0.027	0.600	0.000	0.400%	−	0.046	−
露地メロン	46	0.112%	0.052	0.600	0.000	0.400%	−	0.110	−
さやえんどう	15	0.512%	0.077	0.600	0.000	1.008%	−	0.091	−
さやいんげん	34	0.384%	0.131	0.600	0.000	1.008%	−	0.206	−
未成熟とうもろこし	242	0.528%	1.278	1.200	0.000	0.352%	−	1.022	−
さといも	57	0.416%	0.237	0.608	0.000	0.320%	−	0.111	−
やまのいも	18	0.352%	0.063	0.200	0.000	0.320%	−	0.012	−
たまねぎ	48	0.160%	0.077	0.200	0.000	0.176%	−	0.017	−
レタス	86	0.160%	0.138	0.470	0.000	0.160%	−	0.065	−
カリフラワー	61	0.528%	0.322	1.100	0.000	0.528%	−	0.354	−
くり	3	0.432%	0.013	−	−	−	−	0.413	−
ぶどう	5	0.080%	0.004	−	−	−	−	0.104	−
うめ	4	0.112%	0.004	−	−	−	−	0.625	−
かき	21	0.064%	0.013	−	−	−	−	0.404	−
茶	0	1.375%	0.000	−	−	−	−	0.110	−
いね科の牧草	1010	0.320%	3.232	0.444	0.000	0.560%	−	2.511	−
まぜまき牧草	165	0.480%	0.792	0.444	0.000	0.480%	−	0.352	−
青刈りとうもろこし	378	0.208%	0.786	0.444	0.000	0.208%	−	0.349	−
ソルゴー	365	0.288%	1.051	0.444	0.000	0.288%	−	0.467	−
飼料用かぶ	49	0.192%	0.094	0.444	0.000	0.192%	−	0.042	−

□で囲まれた部分は附表3-2で求めた数値である．

附表3-2　取手市の果樹と茶における農作物副産物生産量の計算

	栽培面積	農作物副産物 生産量	窒素率	窒素量
	ha	tDW/ha		tN
くり	3	5.5	2.50%	0.413
ぶどう	1	4.0	2.60%	0.104
うめ	5	5.0	2.50%	0.625
かき	3	5.5	2.45%	0.404
茶	2	4.0	1.38%	0.110

これらの副産物は全て農地に還元される.

附表4-1　里美村における農作物主産物生産量および農作物副産物の生産量，還元量，廃棄量の計算

					還元量	廃棄量
農作物主産物生産量	83.085	農作物副産物生産量	103.138		102.287	0.851
	tN		tN		tN	tN

農作物	農作物主産物			農作物副産物					
	収穫量	窒素率	生産量	副産物/主産物の比		窒素率		還元量	廃棄量
	t		tN	還元	廃棄	還元	廃棄	tN	tN
合計			83.085					102.287	0.851
水稲	1080	1.244%	13.432	1.428	0.171	0.688%	0.448%	10.611	0.827
陸稲	17	1.244%	0.211	1.428	0.171	0.688%	0.448%	0.167	0.013
小麦	69	1.801%	1.243	1.388	−	0.410%	−	0.393	−
六条大麦	12	1.801%	0.216	1.388	−	0.410%	−	0.068	−
二条大麦	18	1.801%	0.324	1.388	−	0.410%	−	0.102	−
かんしょ	52	0.320%	0.166	0.426	−	0.272%	−	0.060	−
ばれいしょ	105	0.192%	0.202	0.212	−	0.352%	−	0.078	−
らっかせい	2	4.652%	0.093	−	0.941	−	0.544%	−	0.010
大豆	47	6.182%	2.906	1.396	−	1.088%	−	0.714	−
小豆	13	3.248%	0.422	0.894	−	0.976%	−	0.113	−
いんげんまめ	1	3.184%	0.032	0.848	−	1.008%	−	0.009	−
そば	10	1.712%	0.171	1.5	−	0.912%	−	0.137	−
だいこん	287	0.128%	0.367	0.631	−	0.320%	−	0.580	−
ごぼう	32	0.448%	0.143	1.217	−	0.480%	−	0.187	−
はくさい	270	0.176%	0.475	0.534	−	0.400%	−	0.577	−
ほうれんそう	26	0.528%	0.137	0.2	−	0.528%	−	0.027	−
ねぎ	39	0.176%	0.069	0.2	−	0.176%	−	0.014	−
なす	59	0.176%	0.104	0.491	−	0.400%	−	0.116	−
きゅうり	17	0.160%	0.027	0.62	−	0.400%	−	0.042	−
さやえんどう	8	0.512%	0.041	0.6	−	1.008%	−	0.048	−
未成熟とうもろこし	42	0.528%	0.222	1.2	−	0.352%	−	0.177	−
さといも	29	0.416%	0.121	0.608	−	0.320%	−	0.056	−
たまねぎ	15	0.160%	0.024	0.2	−	0.176%	−	0.005	−
くり	2	0.432%	0.009	−	−	−	−	0.275	−
ぶどう	17	0.080%	0.014	−	−	−	−	0.318	−
うめ	5	0.112%	0.006	−	−	−	−	0.375	−
かき	5	0.064%	0.003	−	−	−	−	0.404	−
りんご	23	0.032%	0.007	−	−	−	−	0.250	−
こんにゃくいも	54	0.320%	0.173	2	−	0.320%	−	0.346	−
茶	83	1.375%	1.141	−	−	−	−	2.530	−
まめ科の牧草	806	0.560%	4.514	0.444	−	0.560%	−	2.004	−
いね科の牧草	2370	0.320%	7.584	0.444	−	0.320%	−	3.367	−
まぜまき牧草	6670	0.480%	32.016	0.444	−	0.480%	−	14.215	−
青刈りとうもろこし	2870	0.208%	5.970	0.444	−	0.208%	−	2.651	−
ソルゴー	47	0.288%	0.135	0.444	−	0.288%	−	0.060	−
家畜用ビート	35	0.192%	0.067	0.444	−	0.192%	−	0.030	−
飼料用かぶ	209	0.192%	0.401	0.444	−	0.192%	−	0.178	−
放牧地	−	−	9.897	−	−	−	−	61.002	−

□で囲まれた値は附表4-2で求めた数値である．

放牧地の主産物生産量，副産物還元量は附表4-3で求めた数値である．

附表4-2 里美村の果樹と茶における農作物副産物生産量の計算

	農作物副産物			
	栽培面積 (ha)	生産量 (tDW/ha)	窒素率	窒素量 (t N)
くり	2	5.5	2.50%	0.275
ぶどう	3	4	2.65%	0.318
うめ	3	5	2.50%	0.375
かき	3	5.5	2.45%	0.404
りんご	2	5	2.50%	0.250
茶	46	4	1.38%	2.530

これらの副産物は全て農地に還元される.

附表4-3 放牧地における農作物主産物生産量および農作物副産物還元量の計算

里美村の放牧地の面積	288 ha	茨城畜産のあゆみ
放牧地における牧草の単位生産量	9880 kgdw/ha	茨城県畜産試験場山地支場
放牧地における牧草の総生産量	2845.44 t/年	
里美村の放牧地における飼養頭数	200 頭	茨城畜産のあゆみ
1頭当たりの放牧地での飼料消費量	2379 kg/頭/年	茨城県畜産試験場山地支場
放牧地の飼料消費量(主産物生産量)	475.8 t/年	
食べ残された牧草量(副産物生産量)	2369.64 t/年	
飼料の窒素含有率	2.08%	茨城県畜産試験場山地支場
放牧地の主産物窒素量	9.897 t N / year	
副産物窒素量	49.289 t N / year	

放牧地の副産物は全て還元される.

附表5　牛久沼集水域，取手市，里美村における食生活の窒素現存量およびフロー量の計算

		牛久沼集水域	取手市	里美村	
人口	合計	82,743	78,608	4,868	人
	農家	26,218	4,328	3,599	人
	非農家	56,525	74,280	1,269	人
食生活現存量	人間の体重	50	50	50	kg/人
	人間の窒素率	2.5%	2.5%	2.5%	
	窒素現存量	103.429	98.260	6.085	tN
食料消費量	単位購入量	3.023	2.886	3.023	kgN/人
	単位農作物自給量	1.480	1.306	1.642	kgN/人
	単位畜産物自給量	0.027	0.021	0.039	kgN/人
	購入量	335.315	325.432	16.849	tN
	農作物自給量	38.803	5.652	5.910	tN
	畜産物自給量	0.708	0.091	0.140	tN
し尿・生ゴミの処理	単位し尿排出量	3.7	3.7	3.7	kgN/人
	単位生ゴミ排出量	0.4	0.4	0.4	kgN/人
	し尿の農地投入率	30%	30%	30%	
	生ゴミの農地投入率	50%	50%	50%	
	農地投入量	29.102	4.804	3.995	tN
	廃棄量	304.901	316.623	15.244	tN
損失		40.823	9.748	3.660	tN

附表6-1　1人当たりの食料消費量の計算－平地農村，1985年－

食料購入量	3.023	kgN/人
農作物自給量	1.480	kgN/人
畜産物自給量	0.027	kgN/人

平均世帯人数　4.44人/世帯

食品	1世帯当りの食料消費量 kgFW/世帯		1人当り食料消費量 kgFW/人		窒素率	1人当りの食料消費 窒素量 kgN/人	
	自給	購入	自給	購入		自給	購入
米	425.08	50.86	95.739	11.455	1.193%	1.1421	0.1367
小麦粉	0.90	6.29	0.203	1.417	1.404%	0.0028	0.0199
生めん	0.00	17.91	0.000	4.034	1.193%	0.0000	0.0481
干めん	0.00	11.54	0.000	2.599	1.561%	0.0000	0.0406
即席ラーメン	0.00	6.26	0.000	1.410	1.648%	0.0000	0.0232
パン	0.00	19.09	0.000	4.300	1.344%	0.0000	0.0578
雑穀	0.11	2.25	0.024	0.506	1.600%	0.0004	0.0081
大豆	3.06	0.86	0.690	0.194	6.182%	0.0427	0.0120
小豆	1.84	44.18	0.414	9.951	3.248%	0.0134	0.3232
その他の豆類	1.52	0.76	0.342	0.172	2.000%	0.0068	0.0034
かんしょ	8.66	7.94	1.950	1.788	0.192%	0.0037	0.0034
ばれいしょ	40.27	5.27	9.070	1.187	0.320%	0.0290	0.0038
きゅうり	25.35	14.87	5.709	3.349	0.160%	0.0091	0.0054
なす	26.12	4.58	5.883	1.032	0.176%	0.0104	0.0018
トマト	12.15	8.64	2.736	1.946	0.112%	0.0031	0.0022
かぼちゃ	9.50	3.04	2.140	0.684	0.208%	0.0045	0.0014
ピーマン	3.35	1.97	0.755	0.444	0.144%	0.0011	0.0006
はくさい	39.88	7.17	8.982	1.615	0.176%	0.0158	0.0028
キャベツ	17.04	14.89	3.838	3.354	0.224%	0.0086	0.0075
レタス	3.05	5.69	0.687	1.282	0.160%	0.0011	0.0021
ほうれんそう	9.35	2.61	2.105	0.589	0.528%	0.0111	0.0031
ねぎ	15.21	1.92	3.427	0.432	0.176%	0.0060	0.0008
たまねぎ	18.88	13.78	4.252	3.104	0.160%	0.0068	0.0050
だいこん	57.89	7.58	13.038	1.707	0.160%	0.0209	0.0027
にんじん	10.80	10.97	2.432	2.471	0.192%	0.0047	0.0047
ごぼう	4.44	2.73	1.000	0.614	0.448%	0.0045	0.0028
さといも	11.92	3.79	2.685	0.854	0.416%	0.0112	0.0036
生しいたけ	1.15	1.02	0.258	0.230	0.320%	0.0008	0.0007
その他の緑黄色野菜	28.20	9.31	6.351	2.096	0.200%	0.0127	0.0042
その他の野菜類	28.21	30.89	6.353	6.957	0.200%	0.0127	0.0139
豆科野菜	11.65	2.93	2.625	0.661	0.946%	0.0248	0.0062
たくあんづけ	4.70	1.55	1.060	0.348	0.224%	0.0024	0.0008
その他の漬物	2.91	8.29	0.655	1.867	0.240%	0.0016	0.0045
こんぶ	0.00	0.59	0.000	0.132	1.312%	0.0000	0.0017
のり	0.00	1.55	0.000	0.349	6.544%	0.0000	0.0228
わかめ	0.00	3.00	0.000	0.676	0.304%	0.0000	0.0021
干ししいたけ	0.00	0.16	0.000	0.036	3.248%	0.0000	0.0012
その他の海草・乾物	0.56	1.48	0.125	0.332	1.696%	0.0021	0.0056
とうふ	0.00	45.24	0.000	10.188	1.191%	0.0000	0.1213
油揚げ	0.00	4.39	0.000	0.988	3.257%	0.0000	0.0322
こんにゃく	0.00	13.42	0.000	3.023	0.016%	0.0000	0.0005
こんぶつくだ煮	0.00	0.28	0.000	0.063	1.008%	0.0000	0.0006
その他の加工品	0.00	1.83	0.000	0.412	0.016%	0.0000	0.0001
りんご	2.49	22.47	0.561	5.061	0.032%	0.0002	0.0016
みかん	6.70	48.03	1.509	10.818	0.128%	0.0019	0.0138

附表6-1のつづき

その他のかんきつ	2.08	18.13	0.468	4.083	0.128%	0.0006	0.0052
なし	0.06	10.05	0.014	2.265	0.048%	0.0000	0.0011
ぶどう	0.46	6.27	0.104	1.412	0.080%	0.0001	0.0011
かき	0.90	3.13	0.203	0.705	0.064%	0.0001	0.0005
もも	0.11	2.35	0.025	0.528	0.096%	0.0000	0.0005
すいか	13.15	12.62	2.962	2.842	0.112%	0.0033	0.0032
いちご	1.28	2.50	0.289	0.563	0.144%	0.0004	0.0008
メロン	2.16	5.13	0.487	1.156	0.112%	0.0005	0.0013
バナナ	0.00	13.73	0.000	3.093	0.176%	0.0000	0.0054
その他の果物	13.65	6.42	3.075	1.446	0.064%	0.0020	0.0009
果物の缶詰	0.00	1.24	0.000	0.279	0.080%	0.0000	0.0002
その他の果物加工品	0.00	0.23	0.000	0.051	0.080%	0.0000	0.0000
いわし類	0.00	4.31	0.000	0.971	3.072%	0.0000	0.0298
あじ類	0.00	2.79	0.000	0.628	2.992%	0.0000	0.0188
さば	0.00	5.33	0.000	1.200	3.168%	0.0000	0.0380
さんま	0.00	4.80	0.000	1.081	3.296%	0.0000	0.0356
ぶり	0.00	3.07	0.000	0.691	3.424%	0.0000	0.0237
かつお類	0.00	2.72	0.000	0.613	4.128%	0.0000	0.0253
まぐろ・かじき類	0.00	4.11	0.000	0.926	4.528%	0.0000	0.0419
かれい・ひらめ類	0.00	2.03	0.000	0.456	3.040%	0.0000	0.0139
たら類	0.00	2.37	0.000	0.534	2.512%	0.0000	0.0134
たい類	0.00	0.86	0.000	0.194	3.040%	0.0000	0.0059
いか類	0.00	6.98	0.000	1.572	2.496%	0.0000	0.0392
えび類	0.00	1.65	0.000	0.372	2.720%	0.0000	0.0101
かに類	0.00	0.64	0.000	0.145	2.544%	0.0000	0.0037
その他の生鮮魚介類	0.27	13.68	0.061	3.080	3.200%	0.0019	0.0986
貝類	0.05	5.84	0.011	1.316	1.600%	0.0002	0.0210
塩さけ・塩ます	0.00	5.17	0.000	1.164	3.712%	0.0000	0.0432
塩干し・素干し魚	0.00	4.57	0.000	1.029	5.600%	0.0000	0.0576
煮干し魚	0.00	2.64	0.000	0.595	11.040%	0.0000	0.0657
するめ	0.00	0.29	0.000	0.066	11.136%	0.0000	0.0073
その他の塩干し魚介	0.00	2.83	0.000	0.638	3.200%	0.0000	0.0204
ちくわ	0.00	4.75	0.000	1.070	2.592%	0.0000	0.0277
かまぼこ	0.00	4.56	0.000	1.027	1.920%	0.0000	0.0197
フィッシュソーセージ	0.00	2.32	0.000	0.522	1.840%	0.0000	0.0096
その他の魚肉練り製品	0.00	4.40	0.000	0.991	1.968%	0.0000	0.0195
かつお節・けずり節	0.00	0.39	0.000	0.088	12.336%	0.0000	0.0108
魚介缶詰	0.00	5.60	0.000	1.262	4.096%	0.0000	0.0517
魚介佃煮	0.00	0.94	0.000	0.213	4.000%	0.0000	0.0085
その他の魚介加工品	0.00	6.38	0.000	1.438	4.000%	0.0000	0.0575
鶏肉	0.11	13.06	0.025	2.941	3.840%	0.0010	0.1130
豚肉	0.00	16.61	0.000	3.741	2.400%	0.0000	0.0898
牛肉	0.00	5.49	0.000	1.236	3.008%	0.0000	0.0372
その他の生鮮肉	0.44	1.96	0.099	0.441	2.720%	0.0027	0.0120
ハム	0.00	4.15	0.000	0.935	2.624%	0.0000	0.0245
ソーセージ	0.00	2.50	0.000	0.563	2.096%	0.0000	0.0118
肉の缶詰	0.00	0.23	0.000	0.051	3.072%	0.0000	0.0016
その他の加工肉	0.00	5.34	0.000	1.203	3.200%	0.0000	0.0385
鶏卵	4.57	46.62	1.029	10.500	1.968%	0.0203	0.2066
牛乳	1.01	109.77	0.227	24.723	0.455%	0.0010	0.1124
粉ミルク	0.00	1.10	0.000	0.247	5.329%	0.0000	0.0132

附表6-1のつづき

バター	0.00	0.35	0.000	0.079	0.096%	0.0000	0.0001
チーズ	0.00	0.75	0.000	0.168	3.558%	0.0000	0.0060
その他の卵乳	1.81	0.22	0.407	0.050	0.470%	0.0019	0.0002
食塩	0.00	14.91	0.000	3.357	0.000%	0.0000	0.0000
砂糖	0.00	22.62	0.000	5.095	0.000%	0.0000	0.0000
みそ	12.68	13.83	2.856	3.115	1.699%	0.0485	0.0529
しょうゆ	0.17	30.38	0.038	6.842	1.313%	0.0005	0.0899
ソース	0.00	1.37	0.000	0.309	0.176%	0.0000	0.0005
食酢	0.00	5.10	0.000	1.148	0.032%	0.0000	0.0004
マヨネーズ	0.00	4.01	0.000	0.903	0.240%	0.0000	0.0022
化学調味料	0.00	0.71	0.000	0.161	4.288%	0.0000	0.0069
カレー粉	0.00	2.06	0.000	0.463	1.056%	0.0000	0.0049
ケチャップ	0.00	1.24	0.000	0.280	0.256%	0.0000	0.0007
その他の調味料	0.00	16.10	0.000	3.627	1.136%	0.0000	0.0412
食用油	0.00	17.14	0.000	3.860	0.000%	0.0000	0.0000
マーガリン	0.00	0.83	0.000	0.186	0.047%	0.0000	0.0001
その他の油脂類	0.00	0.26	0.000	0.058	0.288%	0.0000	0.0002
菓子	0.00	47.40	0.000	10.676	1.088%	0.0000	0.1162
冷菓	0.00	7.87	0.000	1.773	0.560%	0.0000	0.0099
その他の菓子類	0.00	0.55	0.000	0.124	0.640%	0.0000	0.0008
弁当類	0.00	19.84	0.000	4.468	0.800%	0.0000	0.0357
調理パン	0.00	3.02	0.000	0.679	0.800%	0.0000	0.0054
その他の主食的調理食品	0.00	4.56	0.000	1.026	0.800%	0.0000	0.0082
サラダ	0.00	1.07	0.000	0.242	0.240%	0.0000	0.0006
コロッケ	0.00	3.79	0.000	0.852	0.624%	0.0000	0.0053
カツレツ	0.00	2.50	0.000	0.563	1.632%	0.0000	0.0092
天ぷら・フライ	0.00	8.01	0.000	1.804	1.632%	0.0000	0.0294
調理食品の缶詰	0.00	0.22	0.000	0.051	1.168%	0.0000	0.0006
冷凍食品の缶詰	0.00	4.74	0.000	1.068	1.488%	0.0000	0.0159
その他の調理食品	0.00	31.45	0.000	7.084	1.120%	0.0000	0.0793
緑茶	0.34	2.17	0.077	0.489	3.840%	0.0029	0.0188
紅茶	0.00	0.10	0.000	0.022	3.296%	0.0000	0.0007
コーヒー	0.00	0.52	0.000	0.118	2.016%	0.0000	0.0024
ジュース	0.00	29.37	0.000	6.614	0.032%	0.0000	0.0021
その他飲料	0.00	37.46	0.000	8.437	0.016%	0.0000	0.0013
清酒	0.00	40.39	0.000	9.098	0.080%	0.0000	0.0073
しょうちゅう	0.00	7.94	0.000	1.789	0.000%	0.0000	0.0000
ビール	0.00	57.08	0.000	12.857	0.064%	0.0000	0.0082
ウィスキー	0.00	1.24	0.000	0.280	0.000%	0.0000	0.0000
その他酒類	0.00	0.64	0.000	0.145	0.000%	0.0000	0.0000

附表6-2　1人当たりの食料消費量の計算－都市近郊農村，1985年－

食料購入量	2.886	kgN/人	
農作物自給量	1.306	kgN/人	平均世帯人数　4.51人/世帯
畜産物自給量	0.021	kgN/人	

食品	1世帯当りの食料消費量 kgFW/世帯		1人当り食料消費量 kgFW/人		窒素率	1人当りの食料消費窒素量 kgN/人	
	自給	購入	自給	購入		自給	購入
米	382.54	77.15	84.820	17.106	1.193%	1.0119	0.2041
小麦粉	3.39	6.41	0.752	1.421	1.404%	0.0105	0.0199
生めん	0.00	17.77	0.000	3.940	1.193%	0.0000	0.0470
干めん	0.00	12.37	0.000	2.743	1.561%	0.0000	0.0428
即席ラーメン	0.00	6.79	0.000	1.506	1.648%	0.0000	0.0248
パン	0.00	24.79	0.000	5.497	1.344%	0.0000	0.0739
雑穀	0.48	1.51	0.107	0.335	1.600%	0.0017	0.0054
大豆	1.44	1.09	0.320	0.241	6.182%	0.0198	0.0149
小豆	1.29	0.79	0.285	0.174	3.248%	0.0093	0.0057
その他の豆類	1.27	0.94	0.282	0.209	2.000%	0.0056	0.0042
かんしょ	9.84	6.54	2.182	1.450	0.192%	0.0042	0.0028
ばれいしょ	39.11	5.21	8.672	1.155	0.320%	0.0277	0.0037
きゅうり	21.81	15.35	4.836	3.404	0.160%	0.0077	0.0054
なす	23.94	3.78	5.308	0.838	0.176%	0.0093	0.0015
トマト	13.23	9.51	2.933	2.109	0.112%	0.0033	0.0024
かぼちゃ	9.23	3.16	2.046	0.700	0.208%	0.0043	0.0015
ピーマン	3.90	1.91	0.865	0.424	0.144%	0.0012	0.0006
はくさい	39.94	6.34	8.856	1.406	0.176%	0.0156	0.0025
キャベツ	18.09	13.19	4.011	2.925	0.224%	0.0090	0.0066
レタス	1.93	6.36	0.428	1.410	0.160%	0.0007	0.0023
ほうれんそう	12.30	2.23	2.727	0.495	0.528%	0.0144	0.0026
ねぎ	19.38	1.30	4.297	0.288	0.176%	0.0076	0.0005
たまねぎ	22.60	9.86	5.011	2.186	0.160%	0.0080	0.0035
だいこん	55.68	7.51	12.346	1.665	0.160%	0.0198	0.0027
にんじん	9.41	9.11	2.086	2.020	0.192%	0.0040	0.0039
ごぼう	3.59	3.00	0.796	0.665	0.448%	0.0036	0.0030
さといも	17.09	3.90	3.789	0.865	0.416%	0.0158	0.0036
生しいたけ	0.60	1.10	0.132	0.244	0.320%	0.0004	0.0008
その他の緑黄色野菜	26.20	12.11	5.810	2.685	0.200%	0.0116	0.0054
その他の野菜類	26.39	37.31	5.851	8.274	0.200%	0.0117	0.0165
豆科野菜	12.02	3.54	2.665	0.784	0.946%	0.0252	0.0074
たくあんづけ	3.30	1.87	0.732	0.414	0.224%	0.0016	0.0009
その他の漬物	0.95	7.56	0.211	1.676	0.240%	0.0005	0.0040
こんぶ	0.00	0.60	0.000	0.134	1.312%	0.0000	0.0018
のり	0.00	2.09	0.000	0.464	6.544%	0.0000	0.0304
わかめ	0.00	2.67	0.000	0.593	0.304%	0.0000	0.0018
干ししいたけ	0.00	0.25	0.000	0.054	3.248%	0.0000	0.0018
その他の海草・乾物	0.07	1.72	0.015	0.380	1.696%	0.0002	0.0065
とうふ	0.00	43.75	0.000	9.702	1.191%	0.0000	0.1155
油揚げ	0.00	4.30	0.000	0.954	3.257%	0.0000	0.0311
こんにゃく	0.00	13.88	0.000	3.079	0.016%	0.0000	0.0005
こんぶつくだ煮	0.00	0.32	0.000	0.070	1.008%	0.0000	0.0007
その他の加工品	0.00	1.69	0.000	0.374	0.016%	0.0000	0.0001
りんご	0.24	21.86	0.053	4.847	0.032%	0.0000	0.0016
みかん	7.79	50.55	1.727	11.208	0.128%	0.0022	0.0143

附表6-2のつづき

その他のかんきつ	2.93	19.84	0.650	4.400	0.128%	0.0008	0.0056
なし	0.43	11.09	0.095	2.459	0.048%	0.0000	0.0012
ぶどう	0.00	7.31	0.000	1.621	0.080%	0.0000	0.0013
かき	2.25	3.01	0.499	0.667	0.064%	0.0003	0.0004
もも	0.41	2.84	0.090	0.630	0.096%	0.0001	0.0006
すいか	13.86	11.55	3.073	2.561	0.112%	0.0034	0.0029
いちご	2.18	3.20	0.484	0.710	0.144%	0.0007	0.0010
メロン	1.25	7.39	0.277	1.638	0.112%	0.0003	0.0018
バナナ	0.00	13.32	0.000	2.954	0.176%	0.0000	0.0052
その他の果物	16.77	8.37	3.719	1.856	0.064%	0.0024	0.0012
果物の缶詰	0.00	1.46	0.000	0.324	0.080%	0.0000	0.0003
その他の果物加工品	0.00	0.40	0.000	0.089	0.080%	0.0000	0.0001
いわし類	0.00	3.47	0.000	0.769	3.072%	0.0000	0.0236
あじ類	0.00	2.85	0.000	0.632	2.992%	0.0000	0.0189
さば	0.00	3.88	0.000	0.860	3.168%	0.0000	0.0273
さんま	0.00	4.91	0.000	1.089	3.296%	0.0000	0.0359
ぶり	0.00	2.91	0.000	0.645	3.424%	0.0000	0.0221
かつお類	0.00	2.52	0.000	0.559	4.128%	0.0000	0.0231
まぐろ・かじき類	0.00	4.58	0.000	1.016	4.528%	0.0000	0.0460
かれい・ひらめ類	0.00	1.73	0.000	0.383	3.040%	0.0000	0.0116
たら類	0.00	1.50	0.000	0.332	2.512%	0.0000	0.0083
たい類	0.00	1.28	0.000	0.284	3.040%	0.0000	0.0086
いか類	0.00	6.32	0.000	1.401	2.496%	0.0000	0.0350
えび類	0.00	2.61	0.000	0.579	2.720%	0.0000	0.0157
かに類	0.00	0.67	0.000	0.149	2.544%	0.0000	0.0038
その他の生鮮魚介類	0.07	14.13	0.015	3.134	3.200%	0.0005	0.1003
貝類	0.05	7.26	0.010	1.610	1.600%	0.0002	0.0258
塩さけ・塩ます	0.00	3.99	0.000	0.885	3.712%	0.0000	0.0328
塩干し・素干し魚	0.00	4.59	0.000	1.018	5.600%	0.0000	0.0570
煮干し魚	0.00	3.84	0.000	0.851	11.040%	0.0000	0.0940
するめ	0.00	0.26	0.000	0.057	11.136%	0.0000	0.0063
その他の塩干し魚介	0.00	3.14	0.000	0.695	3.200%	0.0000	0.0223
ちくわ	0.00	5.76	0.000	1.277	2.592%	0.0000	0.0331
かまぼこ	0.00	4.96	0.000	1.100	1.920%	0.0000	0.0211
フィッシュソーセージ	0.00	1.78	0.000	0.395	1.840%	0.0000	0.0073
その他の魚肉練り製品	0.00	5.10	0.000	1.130	1.968%	0.0000	0.0222
かつお節・けずり節	0.00	0.67	0.000	0.149	12.336%	0.0000	0.0184
魚介缶詰	0.00	5.86	0.000	1.299	4.096%	0.0000	0.0532
魚介佃煮	0.00	0.87	0.000	0.192	4.000%	0.0000	0.0077
その他の魚介加工品	0.00	6.86	0.000	1.521	4.000%	0.0000	0.0609
鶏肉	0.00	14.36	0.000	3.184	3.840%	0.0000	0.1223
豚肉	0.00	16.78	0.000	3.721	2.400%	0.0000	0.0893
牛肉	0.00	9.13	0.000	2.024	3.008%	0.0000	0.0609
その他の生鮮肉	0.00	2.07	0.000	0.458	2.720%	0.0000	0.0125
ハム	0.00	5.11	0.000	1.133	2.624%	0.0000	0.0297
ソーセージ	0.00	3.04	0.000	0.674	2.096%	0.0000	0.0141
肉の缶詰	0.00	0.15	0.000	0.033	3.072%	0.0000	0.0010
その他の加工肉	0.00	5.99	0.000	1.328	3.200%	0.0000	0.0425
鶏卵	4.69	44.29	1.040	9.820	1.968%	0.0205	0.1933
牛乳	0.00	105.75	0.000	23.448	0.455%	0.0000	0.1066
粉ミルク	0.00	1.63	0.000	0.362	5.329%	0.0000	0.0193

附表6-2のつづき

バター	0.00	0.43	0.000	0.095	0.096%	0.0000	0.0001
チーズ	0.00	1.07	0.000	0.237	3.558%	0.0000	0.0084
その他の卵乳	0.23	0.31	0.052	0.069	0.470%	0.0002	0.0003
食塩	0.00	13.40	0.000	2.971	0.000%	0.0000	0.0000
砂糖	0.00	22.79	0.000	5.053	0.000%	0.0000	0.0000
みそ	7.11	13.93	1.576	3.089	1.699%	0.0268	0.0525
しょうゆ	0.00	25.06	0.000	5.557	1.313%	0.0000	0.0730
ソース	0.00	1.70	0.000	0.376	0.176%	0.0000	0.0007
食酢	0.00	5.02	0.000	1.114	0.032%	0.0000	0.0004
マヨネーズ	0.00	3.69	0.000	0.818	0.240%	0.0000	0.0020
化学調味料	0.00	0.95	0.000	0.210	4.288%	0.0000	0.0090
カレー粉	0.00	1.89	0.000	0.419	1.056%	0.0000	0.0044
ケチャップ	0.00	1.27	0.000	0.281	0.256%	0.0000	0.0007
その他の調味料	0.37	18.09	0.082	4.011	1.136%	0.0009	0.0456
食用油	0.00	16.62	0.000	3.685	0.000%	0.0000	0.0000
マーガリン	0.00	0.82	0.000	0.181	0.047%	0.0000	0.0001
その他の油脂類	0.00	0.09	0.000	0.019	0.288%	0.0000	0.0001
菓子	0.00	56.87	0.000	12.609	1.088%	0.0000	0.1372
冷菓	0.00	7.58	0.000	1.682	0.560%	0.0000	0.0094
その他の菓子類	0.00	0.67	0.000	0.149	0.640%	0.0000	0.0010
弁当類	0.00	32.41	0.000	7.185	0.800%	0.0000	0.0575
調理パン	0.00	3.13	0.000	0.695	0.800%	0.0000	0.0056
その他の主食的調理食品	0.00	5.53	0.000	1.226	0.800%	0.0000	0.0098
サラダ	0.00	0.84	0.000	0.186	0.240%	0.0000	0.0004
コロッケ	0.00	2.72	0.000	0.602	0.624%	0.0000	0.0038
カツレツ	0.00	2.32	0.000	0.515	1.632%	0.0000	0.0084
天ぷら・フライ	0.00	7.84	0.000	1.739	1.632%	0.0000	0.0284
調理食品の缶詰	0.00	0.39	0.000	0.086	1.168%	0.0000	0.0010
冷凍食品の缶詰	0.00	3.89	0.000	0.863	1.488%	0.0000	0.0128
その他の調理食品	0.00	34.45	0.000	7.638	1.120%	0.0000	0.0855
緑茶	0.17	2.10	0.038	0.466	3.840%	0.0014	0.0179
紅茶	0.00	0.18	0.000	0.041	3.296%	0.0000	0.0013
コーヒー	0.00	0.85	0.000	0.187	2.016%	0.0000	0.0038
ジュース	0.00	28.88	0.000	6.402	0.032%	0.0000	0.0020
その他飲料	0.00	44.62	0.000	9.894	0.016%	0.0000	0.0016
清酒	0.00	32.12	0.000	7.121	0.080%	0.0000	0.0057
しょうちゅう	0.00	5.08	0.000	1.126	0.000%	0.0000	0.0000
ビール	0.00	54.92	0.000	12.177	0.064%	0.0000	0.0078
ウィスキー	0.00	1.18	0.000	0.262	0.000%	0.0000	0.0000
その他酒類	0.00	0.68	0.000	0.150	0.000%	0.0000	0.0000

附表6-3　1人当たりの食料消費量の計算－山間農村，1985年－

食料購入量	3.023	kgN/人	
農作物自給量	1.642	kgN/人	平均世帯人数　4.16人/世帯
畜産物自給量	0.039	kgN/人	

食品	1世帯当りの食料消費量 kgFW/世帯		1人当り食料消費量 kgFW/人		窒素率	1人当りの食料消費 窒素量 kgN/人	
	自給	購入	自給	購入		自給	購入
米	428.45	76.16	102.99	18.31	1.193%	1.2287	0.2184
小麦粉	3.93	4.56	0.94	1.10	1.404%	0.0133	0.0154
生めん	0.00	13.74	0.00	3.30	1.193%	0.0000	0.0394
干めん	0.00	11.34	0.00	2.73	1.561%	0.0000	0.0426
即席めん	0.00	6.44	0.00	1.55	1.648%	0.0000	0.0255
パン	0.00	17.74	0.00	4.26	1.344%	0.0000	0.0573
麦・雑穀	0.29	0.40	0.07	0.10	1.680%	0.0012	0.0016
大豆	2.50	0.30	0.60	0.07	6.182%	0.0372	0.0045
小豆	3.33	0.30	0.80	0.07	3.248%	0.0260	0.0023
その他の豆類	1.22	0.49	0.29	0.12	4.715%	0.0138	0.0055
かんしょ	10.93	5.54	2.63	1.33	0.192%	0.0050	0.0026
ばれいしょ	38.44	6.94	9.24	1.67	0.320%	0.0296	0.0053
きゅうり	24.03	13.07	5.78	3.14	0.160%	0.0092	0.0050
なす	20.71	3.78	4.98	0.91	0.176%	0.0088	0.0016
トマト	9.90	7.53	2.38	1.81	0.112%	0.0027	0.0020
かぼちゃ	13.31	4.28	3.20	1.03	0.208%	0.0067	0.0021
ピーマン	3.33	3.17	0.80	0.76	0.144%	0.0012	0.0011
はくさい	45.55	5.59	10.95	1.34	0.176%	0.0193	0.0024
キャベツ	19.12	10.15	4.60	2.44	0.224%	0.0103	0.0055
レタス	2.25	2.12	0.54	0.51	0.160%	0.0009	0.0008
ほうれんそう	11.42	4.73	2.75	1.14	0.528%	0.0145	0.0060
ねぎ	18.69	2.84	4.49	0.68	0.176%	0.0079	0.0012
たまねぎ	14.36	11.07	3.45	2.66	0.160%	0.0055	0.0043
だいこん	77.02	3.10	18.51	0.75	0.160%	0.0296	0.0012
にんじん	6.90	5.37	1.66	1.29	0.192%	0.0032	0.0025
ごぼう	5.12	2.11	1.23	0.51	0.448%	0.0055	0.0023
さといも	9.08	3.01	2.18	0.72	0.416%	0.0091	0.0030
生しいたけ	1.48	0.92	0.36	0.22	0.320%	0.0011	0.0007
その他の緑黄色野菜	18.03	12.17	4.33	2.92	0.200%	0.0087	0.0058
その他の野菜類	36.35	34.12	8.74	8.20	0.200%	0.0175	0.0164
豆科野菜	16.79	6.67	4.04	1.60	0.864%	0.0349	0.0139
たくあんづけ	6.39	1.65	1.54	0.40	0.224%	0.0034	0.0009
その他の漬物	4.74	17.34	1.14	4.17	0.240%	0.0027	0.0100
こんぶ	0.00	0.79	0.00	0.19	1.312%	0.0000	0.0025
のり	0.00	1.47	0.00	0.35	6.208%	0.0000	0.0219
わかめ	0.00	2.55	0.00	0.61	0.304%	0.0000	0.0019
干ししいたけ	0.00	0.06	0.00	0.02	3.248%	0.0000	0.0005
その他の海草・乾物	0.14	0.93	0.03	0.22	1.696%	0.0006	0.0038
とうふ	0.00	12.35	0.00	2.97	1.191%	0.0000	0.0353
油揚げ	0.00	4.60	0.00	1.11	3.257%	0.0000	0.0361
こんにゃく	0.05	14.45	0.01	3.47	0.016%	0.0000	0.0006
こんぶつくだに	0.00	2.27	0.00	0.55	1.008%	0.0000	0.0055
その他の加工品	0.00	10.16	0.00	2.44	0.800%	0.0000	0.0195
りんご	0.78	25.60	0.19	6.15	0.032%	0.0001	0.0020
温州みかん	0.00	48.13	0.00	11.57	0.128%	0.0000	0.0148

附表6-3のつづき

その他のかんきつ	0.00	15.99	0.00	3.84	0.128%	0.0000	0.0049
なし	0.00	15.28	0.00	3.67	0.048%	0.0000	0.0018
ぶどう	0.00	5.61	0.00	1.35	0.080%	0.0000	0.0011
かき	0.15	4.44	0.04	1.07	0.064%	0.0000	0.0007
もも	0.00	2.72	0.00	0.65	0.096%	0.0000	0.0006
すいか	6.45	7.22	1.55	1.74	0.112%	0.0017	0.0019
いちご	0.84	1.88	0.20	0.45	0.144%	0.0003	0.0007
メロン	1.66	3.68	0.40	0.88	0.112%	0.0004	0.0010
バナナ	0.00	12.75	0.00	3.06	0.176%	0.0000	0.0054
その他の果物	8.21	5.61	1.97	1.35	0.064%	0.0013	0.0009
果物の缶詰	0.00	1.17	0.00	0.28	0.080%	0.0000	0.0002
その他の果物加工品	0.00	0.29	0.00	0.07	0.032%	0.0000	0.0000
いわし類	0.00	4.63	0.00	1.11	3.072%	0.0000	0.0342
あじ類	0.00	3.36	0.00	0.81	2.992%	0.0000	0.0242
さば	0.00	4.43	0.00	1.06	3.168%	0.0000	0.0337
さんま	0.00	4.20	0.00	1.01	3.296%	0.0000	0.0333
ぶり	0.00	2.52	0.00	0.61	3.424%	0.0000	0.0207
かつお類	0.00	1.98	0.00	0.48	4.128%	0.0000	0.0196
まぐろ・かじき類	0.00	2.94	0.00	0.71	4.528%	0.0000	0.0320
かれい・ひらめ類	0.00	2.64	0.00	0.63	3.040%	0.0000	0.0193
たら類	0.00	1.60	0.00	0.38	2.512%	0.0000	0.0096
たい類	0.00	0.67	0.00	0.16	3.040%	0.0000	0.0049
いか類	0.00	5.19	0.00	1.25	2.496%	0.0000	0.0311
えび類	0.00	1.06	0.00	0.25	2.720%	0.0000	0.0069
かに類	0.00	0.34	0.00	0.08	2.544%	0.0000	0.0021
その他の生鮮魚介類	0.00	12.52	0.00	3.01	2.928%	0.0000	0.0881
貝類	0.09	5.49	0.02	1.32	1.600%	0.0003	0.0211
塩さけ・塩ます	0.00	4.84	0.00	1.16	3.712%	0.0000	0.0432
塩干し・素干し魚	0.00	5.21	0.00	1.25	5.600%	0.0000	0.0701
煮干し魚	0.00	2.94	0.00	0.71	11.040%	0.0000	0.0780
するめ	0.00	0.32	0.00	0.08	11.136%	0.0000	0.0085
その他の塩干し魚介	0.00	3.95	0.00	0.95	3.984%	0.0000	0.0378
ちくわ	0.00	5.56	0.00	1.34	2.592%	0.0000	0.0346
かまぼこ	0.00	3.95	0.00	0.95	1.920%	0.0000	0.0182
フィッシュソーセージ	0.00	2.26	0.00	0.54	1.840%	0.0000	0.0100
その他の魚肉練り製品	0.00	3.16	0.00	0.76	1.920%	0.0000	0.0146
かつお節・けずり節	0.00	0.40	0.00	0.10	12.336%	0.0000	0.0118
魚介かん詰	0.00	3.94	0.00	0.95	4.096%	0.0000	0.0388
魚介つくだに	0.00	1.45	0.00	0.35	4.704%	0.0000	0.0164
その他の魚介加工品	0.00	16.04	0.00	3.86	4.704%	0.0000	0.1814
鶏肉	0.07	13.30	0.02	3.20	3.840%	0.0006	0.1228
豚肉	0.00	15.05	0.00	3.62	2.400%	0.0000	0.0868
牛肉	0.00	5.33	0.00	1.28	3.008%	0.0000	0.0385
その他の生鮮肉	0.00	4.57	0.00	1.10	2.704%	0.0000	0.0297
ハム	0.00	3.27	0.00	0.79	2.624%	0.0000	0.0206
ソーセージ	0.00	2.14	0.00	0.51	2.096%	0.0000	0.0108
肉のかん詰	0.00	0.82	0.00	0.20	3.072%	0.0000	0.0060
その他の加工肉	0.00	11.36	0.00	2.73	2.624%	0.0000	0.0717
鶏卵	5.72	40.61	1.38	9.76	1.968%	0.0271	0.1921
牛乳	3.95	86.98	0.95	20.91	0.455%	0.0043	0.0950
練乳・粉乳	0.00	0.80	0.00	0.19	5.329%	0.0000	0.0102

附表6-3のつづき

バター	0.00	0.39	0.00	0.09	0.096%	0.0000	0.0001
チーズ	0.00	0.66	0.00	0.16	3.558%	0.0000	0.0057
その他の卵乳	1.59	0.27	0.38	0.06	1.936%	0.0074	0.0013
食塩	0.00	17.67	0.00	4.25	0.000%	0.0000	0.0000
砂糖	0.00	26.56	0.00	6.38	0.000%	0.0000	0.0000
みそ	15.76	12.12	3.79	2.91	1.699%	0.0644	0.0495
しょうゆ	0.07	30.19	0.02	7.26	1.313%	0.0002	0.0953
ソース	0.00	1.37	0.00	0.33	0.176%	0.0000	0.0006
食酢	0.00	5.85	0.00	1.41	0.032%	0.0000	0.0005
マヨネーズ	0.00	2.98	0.00	0.72	0.240%	0.0000	0.0017
化学調味料	0.00	0.89	0.00	0.21	4.288%	0.0000	0.0092
カレー粉	0.00	1.81	0.00	0.44	1.056%	0.0000	0.0046
ケチャップ	0.00	0.58	0.00	0.14	0.256%	0.0000	0.0004
その他の調味料	0.00	9.91	0.00	2.38	2.512%	0.0000	0.0598
食用油	0.00	14.38	0.00	3.46	0.000%	0.0000	0.0000
マーガリン	0.00	0.68	0.00	0.16	0.047%	0.0000	0.0001
その他の油脂類	0.00	0.14	0.00	0.03	0.416%	0.0000	0.0001
菓子	0.00	66.58	0.00	16.00	1.056%	0.0000	0.1690
冷菓	0.00	10.33	0.00	2.48	0.016%	0.0000	0.0004
その他の菓子類	0.00	0.51	0.00	0.12	1.248%	0.0000	0.0015
弁当類	0.00	9.05	0.00	2.18	1.600%	0.0000	0.0348
調理パン	0.00	1.35	0.00	0.32	0.976%	0.0000	0.0032
その他の主食的調理食品	0.00	3.00	0.00	0.72	1.648%	0.0000	0.0119
サラダ	0.00	0.84	0.00	0.20	0.240%	0.0000	0.0005
コロッケ	0.00	4.33	0.00	1.04	0.880%	0.0000	0.0092
カツレツ	0.00	1.69	0.00	0.41	2.800%	0.0000	0.0114
天ぷら・フライ	0.00	7.61	0.00	1.83	1.632%	0.0000	0.0298
調理食品の缶詰	0.00	0.22	0.00	0.05	1.168%	0.0000	0.0006
冷凍調理食品	0.00	3.32	0.00	0.80	2.128%	0.0000	0.0170
その他の調理食品	0.00	18.45	0.00	4.44	1.600%	0.0000	0.0710
緑茶	1.67	2.20	0.40	0.53	3.840%	0.0154	0.0203
紅茶	0.00	0.14	0.00	0.03	3.296%	0.0000	0.0011
コーヒー	0.00	0.64	0.00	0.15	3.200%	0.0000	0.0050
ジュース	0.00	19.80	0.00	4.76	0.000%	0.0000	0.0000
その他の飲料	0.00	19.62	0.00	4.72	1.920%	0.0000	0.0905
清酒	0.00	30.65	0.00	7.37	0.080%	0.0000	0.0059
しょうちゅう	0.00	10.82	0.00	2.60	0.000%	0.0000	0.0000
ビール	0.00	63.64	0.00	15.30	0.064%	0.0000	0.0098
ウィスキー	0.00	0.94	0.00	0.22	0.000%	0.0000	0.0000
その他の酒類	0.00	0.52	0.00	0.13	0.032%	0.0000	0.0000

附表7-1　牛久沼集水域における畜産の現存量およびフロー量の計算

		乳牛	肉牛	豚	採卵鶏	ﾌﾞﾛｲﾗｰ	
飼養頭数		355	566	11,436	7,297	19,349	頭羽
現存量	家畜の体重	530	450	60	1.6	1.3	kg
	家畜の体の窒素率	3.00%	2.70%	2.35%	3.20%	3.20%	
	畜産ｸﾞﾙ存量	5.64	6.88	16.12	0.37	0.80	tN
	畜産現存量の合計					29.82	tN
飼料消費量	1頭当たり購入量	94.749	67.275	18.615	1.350	1.277	kgN/頭/年
	1頭当たり自給量	25.732	10.447	0.002	0.000	0.000	kgN/頭/年
敷料消費量	1頭当たり購入量	0.544	2.701	0.090	0.000	0.000	kgN/頭/年
	1頭当たり自給量	0.116	1.131	0.069	0.000	0.000	kgN/頭/年
自給飼料のうちの農作物副産物		0.394	2.340	0.000	0.000	0.000	kgN/頭/年
自給飼料のうちの残飯		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	kgN/頭/年
フロー量	購入飼料敷料→畜産	33.83	39.61	213.91	9.85	24.71	tN/年
	農作物主産物→畜産	9.00	4.59	0.03	0.00	0.00	tN/年
	農作物副産物→畜産	0.18	1.96	0.79	0.00	0.00	tN/年
	食生活→畜産	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	tN/年
合計	購入飼料敷料→畜産					321.90	tN/年
	農作物主産物→畜産					13.61	tN/年
	農作物副産物→畜産					2.94	tN/年
	食生活→畜産					0.00	tN/年
畜産生産物	1頭当たり生産量	25.54	5.092	4.380	0.3731	0.4447	kgN/頭/年
	生産量	9.07	2.88	50.09	2.72	8.60	tN/年
	生産量の合計					73.37	tN/年
畜産→食生活（食料の畜産物自給量）						0.71	tN/年
畜産→出荷農畜産物						72.66	tN/年
糞尿排出量	1頭当たり糞排出量*1	57.05	68.20	5.04	0.91	0.78	kgN/頭/年
	1頭当たり尿排出量	30.55		8.19			kgN/頭/年
	糞排出量*1	20.25	38.60	57.64	6.66	15.03	tN/年
	尿排出量	10.85		93.66			tN/年
糞尿処理	敷料量	0.23	2.17	1.83	0.00	0.00	tN/年
	糞尿分離率	61.2%		71.0%			tN/年
糞の処理量		12.54		42.22			tN/年
処理率	既肥利用	61.8%		44.2%			
	販売，交換	32.9%		48.1%			
	廃棄	5.3%		7.7%			
処理量	既肥利用	7.75		18.67			tN/年
	販売，交換	4.12		20.30			tN/年
	廃棄	0.66		3.25			tN/年
尿・糞尿処理量*2		18.79	40.77	110.91	6.66	15.03	tN/年
処理率	既肥利用	71.9%	52.8%	52.1%	11.3%	24.4%	
	販売，交換	14.9%	41.6%	13.7%	71.3%	51.6%	
	廃棄	13.1%	5.6%	34.2%	17.3%	24.1%	
処理量	既肥利用	13.52	21.53	57.73	0.75	3.66	tN/年
	販売，交換	2.80	16.95	15.19	4.75	7.75	tN/年
	廃棄	2.47	2.29	37.98	1.16	3.62	tN/年
畜産→自家製堆既肥						123.62	tN/年
畜産→販売・交換						71.87	tN/年
畜産→廃棄						51.42	tN/年
損失量	飼料・敷料消費量					338.45	tN/年
	畜産生産物量					73.37	tN/年
	糞尿排出量					246.92	tN/年
	畜産→損失					18.17	tN/年

*1　肉牛，採卵鶏，ブロイラーは糞尿である．

*2　乳牛と豚の分離後の尿と分離されていない糞尿および肉牛，採卵鶏，ブロイラーの糞尿

附表7-2　取手市における畜産の現存量およびフロー量の計算

		乳牛	肉牛	豚	採卵鶏	ﾌﾞﾛｲﾗｰ	
飼養頭数		78	0	124	7,299	0	頭羽
現存量	家畜の体重	530	450	60	1.6	1.3	kg
	家畜の体の窒素率	3.00%	2.70%	2.35%	3.20%	3.20%	
	畜産の現存量	1.24	0.00	0.17	0.37	0.00	tN
	畜産現存量の合計					1.79	tN
飼料消費量	1頭当たり購入量	94.749	67.275	18.615	1.350	1.277	kgN/頭/年
	1頭当たり自給量	25.732	10.447	0.002	0.000	0.000	kgN/頭/年
敷料消費量	1頭当たり購入量	0.544	2.701	0.090	0.000	0.000	kgN/頭/年
	1頭当たり自給量	0.116	1.131	0.069	0.000	0.000	kgN/頭/年
自給飼料のうちの農作物副産物		0.394	2.340	0.000	0.000	0.000	kgN/頭/年
自給飼料のうちの残飯		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	kgN/頭/年
フロー量	購入飼料敷料→畜産	7.43	0.00	2.32	9.85	0.00	tN/年
	農作物主産物→畜産	1.98	0.00	0.00	0.00	0.00	tN/年
	農作物副産物→畜産	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	tN/年
	食生活→畜産	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	tN/年
合計	購入飼料敷料→畜産					19.61	tN/年
	農作物主産物→畜産					1.98	tN/年
	農作物副産物→畜産					0.05	tN/年
	食生活→畜産					0.00	tN/年
畜産生産物	1頭当たり生産量	25.54	5.092	4.380	0.3731	0.4447	kgN/頭/年
	生産量	1.99	0.00	0.54	2.72	0.00	tN/年
	生産量の合計					5.26	tN/年
畜産→食生活（食料の畜産物自給量）						0.71	tN/年
畜産→出荷農畜産物						4.55	tN/年
糞尿排出量	1頭当たり糞排出量*1	57.05	68.20	5.04	0.91	0.78	kgN/頭/年
	1頭当たり尿排出量	30.55		8.19			kgN/頭/年
	糞排出量*1	4.45	0.00	0.62	6.66	0.00	tN/年
	尿排出量	2.38		1.02			tN/年
糞尿処理	敷料量	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	tN/年
	糞尿分離率	61.2%		71.0%			tN/年
糞の処理量		2.75		0.46			tN/年
処理率	厩肥利用	61.8%		44.2%			
	販売，交換	32.9%		48.1%			
	廃棄	5.3%		7.7%			
処理量	厩肥利用	1.70		0.20			tN/年
	販売，交換	0.91		0.22			tN/年
	廃棄	0.15		0.04			tN/年
尿・糞尿処理量*2		4.13	0.00	1.20	6.66	0.00	tN/年
処理率	厩肥利用	71.9%	52.8%	52.1%	11.3%	24.4%	
	販売，交換	14.9%	41.6%	13.7%	71.3%	51.6%	
	廃棄	13.1%	5.6%	34.2%	17.3%	24.1%	
処理量	厩肥利用	2.97	0.00	0.63	0.75	0.00	tN/年
	販売，交換	0.62	0.00	0.16	4.75	0.00	tN/年
	廃棄	0.54	0.00	0.41	1.16	0.00	tN/年
畜産→自家製堆厩肥						6.26	tN/年
畜産→販売・交換						6.66	tN/年
畜産→廃棄						2.29	tN/年
損失量	飼料・敷料消費量					21.63	tN/年
	畜産生産物量					5.26	tN/年
	糞尿排出量					15.14	tN/年
	畜産→損失					1.23	tN/年

*1　肉牛，採卵鶏，ブロイラーは糞尿である．

*2　乳牛と豚の分離後の尿と分離されていない糞尿および肉牛，採卵鶏，ブロイラーの糞尿

附表7-3　里美村における畜産の現存量およびフロー量の計算

		乳牛	肉牛	豚	採卵鶏	ﾌﾞﾛｲﾗｰ	
飼養頭数		912	615	277	1,738	1,619	頭羽
現存量	家畜の体重	530	450	60	1.6	1.3	kg
	家畜の体の窒素率	3.00%	2.70%	2.35%	3.20%	3.20%	
	畜産の現存量	14.50	7.47	0.39	0.09	0.07	tN
	畜産現存量の合計					22.52	tN
飼料消費量	1頭当たり購入量	94.749	67.275	18.615	1.350	1.277	kgN/頭/年
	1頭当たり自給量	25.732	10.447	0.002	0.000	0.000	kgN/頭/年
敷料消費量	1頭当たり購入量	0.544	2.701	0.090	0.000	0.000	kgN/頭/年
	1頭当たり自給量	0.116	1.131	0.069	0.000	0.000	kgN/頭/年
自給飼料のうちの農作物副産物		0.394	2.340	0.000	0.000	0.000	kgN/頭/年
自給飼料のうちの残飯		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	kgN/頭/年
フロー量	購入飼料敷料→畜産	86.91	43.03	5.18	2.35	2.07	tN/年
	農作物主産物→畜産	23.11	4.99	0.00	0.00	0.00	tN/年
	農作物副産物→畜産	0.46	2.13	0.02	0.00	0.00	tN/年
	食生活→畜産	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	tN/年
合計	購入飼料敷料→畜産					139.54	tN/年
	農作物主産物→畜産					28.09	tN/年
	農作物副産物→畜産					2.62	tN/年
	食生活→畜産					0.00	tN/年
畜産生産物	1頭当たり生産量	25.54	5.092	4.380	0.3731	0.4447	kgN/頭/年
	生産量	23.29	3.13	1.21	0.65	0.72	tN/年
	生産量の合計					29.01	tN/年
畜産→食生活（食料の畜産物自給量）						0.71	tN/年
畜産→出荷農畜産物						28.30	tN/年
糞尿排出量	1頭当たり糞排出量*1	57.05	68.20	5.04	0.91	0.78	kgN/頭/年
	1頭当たり尿排出量	30.55		8.19			kgN/頭/年
	糞排出量*1	52.03	41.94	1.40	1.59	1.26	tN/年
	尿排出量	27.86		2.27			tN/年
糞尿処理	敷料量	0.60	2.36	0.04	0.00	0.00	tN/年
	糞尿分離率	61.2%		71.0%			tN/年
糞の処理量		32.21		1.02			tN/年
処理率	既肥利用	61.8%		44.2%			
	販売，交換	32.9%		48.1%			
	廃棄	5.3%		7.7%			
処理量	既肥利用	19.91		0.45			tN/年
	販売，交換	10.59		0.49			tN/年
	廃棄	1.70		0.08			tN/年
尿・糞尿処理量*2		48.28	44.30	2.69	1.59	1.26	tN/年
処理率	既肥利用	71.9%	52.8%	52.1%	11.3%	24.4%	
	販売，交換	14.9%	41.6%	13.7%	71.3%	51.6%	
	廃棄	13.1%	5.6%	34.2%	17.3%	24.1%	
処理量	既肥利用	34.73	23.39	1.40	0.18	0.31	tN/年
	販売，交換	7.20	18.42	0.37	1.13	0.65	tN/年
	廃棄	6.35	2.49	0.92	0.28	0.30	tN/年
畜産→自家製堆既肥						80.38	tN/年
畜産→販売・交換						38.85	tN/年
畜産→廃棄						12.11	tN/年
損失量	飼料・敷料消費量					170.25	tN/年
	畜産生産物量					29.01	tN/年
	糞尿排出量					128.34	tN/年
	畜産→損失					12.90	tN/年

*1　肉牛，採卵鶏，ブロイラーは糞尿である．

*2　乳牛と豚の分離後の尿と分離されていない糞尿および肉牛，採卵鶏，ブロイラーの糞尿

附表8　家畜1頭羽当たりの飼料・敷料の購入・自給量の計算

乳牛	購入飼料	94.749	kgN/頭/年
	自給飼料	25.732	kgN/頭/年
	購入敷料	0.544	kgN/頭/年
	自給敷料	0.116	kgN/頭/年
	自給飼料のうちの農作物副産物	0.394	kgN/頭/年
	自給飼料のうちの残飯	0.000	kgN/頭/年
	自給飼料・自給敷料のうちの稲わら量	0.454	kgN/頭/年

飼料/敷料 購入/自給	飼料・敷料の種類	生産量 kgFW/頭/年	N含率 %	N量 kgN/頭/年
購入飼料	大麦（皮付き）	174	1.760	3.062
	大麦（皮無し）	113	1.712	1.935
	大麦（挽き割り）	17	1.712	0.291
	小麦	3	2.000	0.060
	えん麦	5	1.584	0.079
	とうもろこし	139	1.424	1.979
	大豆	6	5.904	0.354
	その他の穀類	32	1.700	0.541
	ふすま（専用）	211	2.528	5.334
	ふすま（その他）	58	2.288	1.327
	米ぬか	5	2.320	0.116
	麦糠	16	2.048	0.328
	その他のぬか・ふすま	4	2.500	0.109
	大豆かす	42	7.408	3.111
	あまにかす	7	5.728	0.401
	とうふかす	436	0.784	3.418
	ビートパルプ	709	1.424	10.096
	醤油かす	31	3.568	1.106
	ビールかす	757	1.152	8.721
	澱粉かす	16	0.064	0.010
	その他の植物性かす	620	1.500	9.299
	成畜用配合	1,175	1.910	22.437
	その他の配合飼料	50	2.000	1.001
	脱脂乳	5	0.480	0.024
	人工乳	10	0.480	0.048
	家畜ビート	4	0.192	0.008
	かんしょづる	4	0.272	0.011
	ビートトップ	8	0.432	0.035
	その他のいも及び野菜類	13	0.350	0.045
	稲わら	514	0.688	3.536
	その他の稿稈類	11	0.500	0.056
生牧草	チモシー	3	0.480	0.014
乾燥牧草	イタリアンライグラス	1	2.512	0.025
	その他のイネ科牧草	109	2.500	2.716
	ヘイキューブ	372	2.848	10.595
	その他のマメ科牧草	12	3.000	0.361
	いね科が主のまぜまき	14	2.512	0.352

附表8のつづき

乳牛	購入飼料	乾燥牧草	その他のまぜまき	12	2.750	0.325
			その他の乾燥牧草	46	2.500	1.159
		塩類		14	0.000	0.000
		カルシウム		31	0.000	0.000
		その他の購入飼料		65	0.500	0.326
	自給飼料	牛乳		25	0.464	0.116
		稲わら		53	0.688	0.365
		その他の稿稈類		3	0.500	0.013
		生牧草	青刈りライ麦	41	0.480	0.197
			青刈りえん麦	93	0.416	0.387
			青刈りデントコーン	516	0.208	1.073
			イタリアンライグラス	631	0.480	3.029
			オーチャードグラス	41	0.496	0.203
			チモシー	3	0.480	0.014
			ソルゴー	225	0.288	0.648
			テオシント	5	0.304	0.015
			その他のイネ科牧草	8	0.400	0.030
			クローバー	7	0.560	0.039
			いね科が主のまぜまき	309	0.480	1.483
			その他のまぜまき	15	0.500	0.077
			なたね	2	0.368	0.007
			C・O	3	0.320	0.010
			飼料かぶ	283	0.208	0.589
			その他の生牧草	12	0.400	0.050
		乾燥牧草	デントコーン	13	0.560	0.073
			イタリアンライグラス	94	2.512	2.361
			オーチャードグラス	6	1.952	0.117
			その他のイネ科牧草	56	2.000	1.126
			いね科が主のまぜまき	81	2.512	2.035
			まめ科が主のまぜまき	1	3.264	0.033
			その他のまぜまき	11	3.000	0.324
			その他の乾燥牧草	23	2.000	0.459
		エンレージ	デントコーン	1,970	0.272	5.358
			イタリアンライグラス	240	0.656	1.574
			いね科牧草	365	0.656	2.394
			まめ科牧草	4	0.672	0.027
			その他のエンレージ	188	0.500	0.942
		穀類えん麦		2	1.584	0.032
		かんしょづる（生）		6	0.272	0.016
		その他のいも及び野菜類		8	0.300	0.023
		野生草		81	0.608	0.492
	購入敷料	稲わら		37	0.688	0.255
		麦稈類		3	0.496	0.015
		その他の購入敷料		55	0.500	0.274
	自給敷料	稲わら		13	0.688	0.089
		その他の自給敷料		5	0.500	0.026

附表8のつづき

肉牛	購入飼料	67.275	kgN/頭/年
	自給飼料	10.447	kgN/頭/年
	購入敷料	2.701	kgN/頭/年
	自給敷料	1.131	kgN/頭/年
	自給飼料のうちの農作物副産物	2.340	kgN/頭/年
	自給飼料のうちの残飯	0.000	kgN/頭/年
	自給飼料・自給敷料のうちの稲わら量	3.419	kgN/頭/年

飼料/敷料 購入/自給	飼料・敷料の種類	生産量 kgFW/頭/年	N含率 %	N量 kgN/頭/年
購入飼料	屑米・砕米	6	1.344	0.081
	大麦	947	1.760	16.667
	とうもろこし	138	1.424	1.965
	その他の穀類	37	1.500	0.554
	ふすま（専用）	251	2.528	6.345
	ふすま（その他）	279	2.288	6.384
	米ぬか（無砂）	9	2.320	0.209
	麦糠	20	2.048	0.410
	その他のぬか・ふすま	4	2.000	0.076
	大豆かす	49	7.408	3.630
	とうふかす	13	0.784	0.102
	でんぷんかす	3	0.304	0.009
	その他の植物性かす	65	0.500	0.324
	成畜用配合	1,886	1.400	26.404
	子畜用配合	18	1.400	0.252
	稲わら	469	0.688	3.227
	その他の稿かん類	55	0.500	0.273
	塩類	6	0.000	0.000
	カルシウム	6	0.000	0.000
	残菜	89	0.272	0.242
	その他の購入飼料	49	0.250	0.121
自給飼料	米ぬか（無砂）	2	2.320	0.046
	甘藷（生）	2	0.256	0.005
	馬鈴薯（生）	1	0.304	0.003
	甘藷づる	3	0.272	0.008
	稲わら	339	0.688	2.332
生牧草	青刈りライ麦	4	0.480	0.019
	青刈りえん麦	39	0.416	0.162
	青刈りデントコーン	129	0.208	0.268
	イタリアンライグラス	196	0.480	0.941
	オーチャードグラス	1	0.496	0.005
	その他のイネ科牧草	87	0.400	0.347
	れんげ	1	0.416	0.004
	いね科が主のまぜまき	64	0.480	0.307
	主副不明まぜまき	3	0.624	0.019
乾燥牧草	えん麦	1	2.432	0.024
	デントコーン	6	0.560	0.034

附表8のつづき

肉牛	自給飼料	乾燥牧草	その他のイネ科牧草	233	0.800	1.865
			まめ科牧草	2	2.368	0.047
			その他のマメ科牧草	51	2.000	1.026
		エンレージ	デントコーン	191	0.272	0.520
			いね科牧草	144	0.656	0.945
			その他のエンレージ	7	0.500	0.037
		穀類		1	1.500	0.014
		いも及び野菜類		4	0.300	0.013
		野生草		148	0.608	0.900
		野乾草		51	1.088	0.555
	購入敷料	稲わら		73	0.688	0.502
		おが屑		1,057	0.208	2.199
	自給敷料	稲わら		158	0.688	1.087
		野乾草		4	1.088	0.044

豚	購入飼料	18.615 kgN/頭/年
	自給飼料	0.002 kgN/頭/年
	購入敷料	0.090 kgN/頭/年
	自給敷料	0.069 kgN/頭/年
	自給飼料のうちの農作物副産物	0 kgN/頭/年
	自給飼料のうちの残飯	0 kgN/頭/年
	自給飼料・自給敷料のうちの稲わら量	0.069 kgN/頭/年

飼料/敷料 購入/自給	飼料・敷料の種類	生産量 kgFW/頭/年	N含率 %	N量 kgN/頭/年
購入飼料	大麦（圧べん）	10.364	1.712	0.177
	大麦（ひき割）	1.909	1.712	0.033
	大麦（その他）	0.545	1.712	0.009
	その他の穀類	13.380	1.712	0.229
	ふすま（専用）	4.636	2.528	0.117
	ふすま（その他）	0.818	2.288	0.019
	米ぬか（無砂）	3.545	2.320	0.082
	米ぬか（脱脂）	0.273	2.848	0.008
	麦糠	9.545	2.048	0.195
	その他のぬか・ふすま	0.818	2.500	0.020
	大豆かす	10.091	7.408	0.748
	とうふかす	3.000	0.784	0.024
	でんぷんかす	0.273	0.032	0.000
	その他の植物性かす	1.091	1.000	0.011
	動物性かす	3.273	2.500	0.082
	成畜用配合	475.636	2.500	11.891
	子畜用配合	61.636	2.500	1.541
	ばれいしょ（生）	2.727	0.304	0.008
	塩類	0.273	0.000	0.000
	カルシウム	1.364	0.000	0.000
	残飯	242.455	0.437	1.059

附表8のつづき

豚	購入飼料	その他	540.304	0.437	2.361
	自給飼料	甘藷（生）	0.273	0.256	0.001
		馬鈴薯（生）	0.545	0.304	0.002
	購入敷料	稲わら	2.727	0.688	0.019
		おが屑	34.364	0.208	0.071
	自給敷料	稲わら	10.091	0.688	0.069

採卵鶏	購入飼料	1.3499 kgN/頭/年
	自給飼料	0 kgN/頭/年
	購入敷料	0 kgN/頭/年
	自給敷料	0 kgN/頭/年
	自給飼料のうちの農作物副産物	0 kgN/頭/年
	自給飼料のうちの残飯	0 kgN/頭/年
	自給飼料・自給敷料のうちの稲わら量	0 kgN/頭/年

飼料/敷料 購入/自給	飼料・敷料の種類	生産量 kgFW/羽/年	N含率 %	N量 kgN/羽/年
購入飼料	大麦	0.07	1.760	0.0012
	とうもろこし	3.46	1.424	0.0493
	米ぬか	0.59	2.320	0.0137
	大豆かす	0.62	7.408	0.0459
	いわしかす	0.05	10.560	0.0053
	あらかす	0.31	11.392	0.0353
	成鶏用配合	35.27	3.400	1.1992
	ビタミン	0.02	0.000	0.0000
	カルシウム	0.24	0.000	0.0000
	貝殻	0.20	0.000	0.0000
自給飼料		—	—	—
購入敷料		—	—	—
自給敷料		—	—	—

ブロイラー	購入飼料	1.2769 kgN/頭/年
	自給飼料	0 kgN/頭/年
	購入敷料	0 kgN/頭/年
	自給敷料	0 kgN/頭/年
	自給飼料のうちの農作物副産物	0 kgN/頭/年
	自給飼料のうちの残飯	0 kgN/頭/年
	自給飼料・自給敷料のうちの稲わら量	0 kgN/頭/年

飼料/敷料 購入/自給	飼料・敷料の種類	生産量 kgFW/羽/年	N含率 %	N量 kgN/羽/年
購入飼料	幼雛用配合飼料	5.11	3.6	0.1840
	肥育用配合飼料	30.36	3.6	1.0930
自給飼料		—	—	—
購入敷料		—	—	—
自給敷料		—	—	—

附表9　家畜糞尿の処理状況

単位：%

都道府県	乳牛							肉牛		
	糞尿分離	糞のみ			尿・糞尿			糞尿		
		既肥	販売	廃棄	既肥	販売	廃棄	既肥	販売	廃棄
全国	80.0	60.1	37.7	2.2	77.6	13.0	9.4	70.6	27.6	1.8
北海道	84.0	81.4	18.5	0.2	87.4	6.2	6.4	72.7	21.2	6.1
青森	74.8	48.7	50.8	0.5	76.1	19.0	4.9	65.9	34.1	0.0
岩手	98.3	58.9	39.2	1.9	90.6	4.9	4.5	72.1	27.9	0.1
宮城	93.0	48.0	50.5	1.5	78.2	13.1	8.7	68.7	28.8	2.5
秋田	57.2	46.3	52.7	1.0	67.5	19.7	12.8	73.3	25.8	0.9
山形	87.3	46.2	53.5	0.3	76.6	17.3	6.1	61.3	38.5	0.2
福島	77.7	53.9	45.9	0.2	82.3	13.1	4.6	61.8	37.1	1.1
茨城	61.2	61.8	32.9	5.3	71.9	14.9	13.1	52.8	41.6	5.6
栃木	73.9	61.9	36.4	1.7	78.3	17.0	4.7	53.9	45.8	0.3
群馬	82.1	56.8	41.4	1.8	75.2	12.8	12.1	46.2	49.8	4.0
埼玉	83.4	56.4	33.3	10.2	60.4	10.4	29.2	46.4	48.2	5.4
千葉	80.1	65.6	29.4	5.0	80.9	8.1	11.0	39.6	53.1	7.3
東京	85.2	55.2	40.5	4.3	56.3	6.8	36.9	60.0	40.0	0.0
神奈川	94.9	48.8	49.1	2.1	37.0	4.8	58.2	54.3	42.9	2.9
新潟	87.8	39.7	56.2	4.1	58.9	25.7	15.4	48.3	48.3	3.4
富山	60.2	57.0	34.1	8.9	62.1	26.7	11.2	47.4	47.4	5.3
石川	80.6	55.5	36.6	7.9	75.2	8.0	16.8	45.8	45.8	8.3
福井	54.3	63.2	36.8	0.0	68.2	25.7	6.1	46.7	53.3	0.0
山梨	68.2	56.4	43.6	0.0	75.4	16.5	8.1	41.7	58.3	0.0
長野	87.7	49.7	47.1	3.2	76.5	14.1	9.4	46.4	52.4	1.1
岐阜	81.2	52.5	45.8	1.7	75.8	17.8	6.4	58.0	37.5	4.5
静岡	80.8	49.5	49.4	1.1	73.5	18.5	8.0	35.4	62.5	2.1
愛知	74.2	46.6	47.9	5.5	56.8	26.1	17.1	41.4	55.0	3.6
三重	74.4	51.5	45.0	3.4	65.3	18.0	16.7	34.2	53.4	12.3
滋賀	72.1	55.1	41.5	3.4	77.1	18.6	4.3	43.6	51.3	5.1
京都	81.8	42.9	52.9	4.2	64.1	18.5	17.4	48.8	46.3	4.9
大阪	75.9	24.1	69.9	6.0	12.9	20.2	66.9	14.3	71.4	14.3
兵庫	77.3	52.7	38.9	8.4	68.0	19.5	12.4	61.6	34.1	4.2
奈良	58.4	45.0	50.0	5.0	61.4	26.6	12.1	36.4	54.5	9.1
和歌山	54.4	71.1	28.9	0.0	48.1	24.7	27.2	33.3	62.5	4.2
鳥取	73.9	51.5	46.0	2.5	74.9	16.1	9.0	62.3	35.5	2.3
島根	88.8	47.4	50.8	1.8	74.1	10.7	15.2	82.4	16.8	0.8
岡山	86.1	50.6	45.2	4.2	78.6	11.9	9.5	64.6	29.3	6.1
広島	64.6	49.1	47.7	3.2	70.1	25.2	4.7	85.0	13.7	1.3
山口	87.1	50.9	47.8	1.4	82.4	11.8	5.8	58.0	37.5	4.5
徳島	90.7	52.4	47.3	0.2	70.9	15.4	13.7	40.2	50.5	9.3
香川	72.1	51.4	46.6	2.0	75.5	17.9	6.5	43.8	55.0	1.3
愛媛	66.4	56.3	42.9	0.8	72.2	24.7	3.1	51.5	45.5	3.0
高知	75.4	68.7	24.1	7.2	84.9	6.5	8.6	72.9	25.9	1.2
福岡	65.6	44.1	54.6	1.3	62.2	29.6	8.2	31.3	67.2	1.5
佐賀	84.9	52.8	47.0	0.2	71.9	21.6	6.5	49.8	46.5	3.6
長崎	92.3	71.0	27.7	1.3	85.1	11.3	3.6	75.6	23.0	1.4
熊本	59.8	60.8	38.3	0.9	76.1	21.8	2.0	86.7	12.6	0.7
大分	65.6	54.6	44.0	1.4	74.3	17.6	8.1	71.1	26.7	2.3
宮崎	48.3	79.2	20.8	0.0	84.1	13.9	2.1	85.3	14.0	0.7
鹿児島	43.4	72.0	28.0	0.0	92.2	5.1	2.7	82.9	15.6	1.5
沖縄	35.7	43.6	56.4	0.0	64.3	32.7	3.0	82.8	15.5	1.7

附表9のつづき　　単位：%

都道府県	豚							採卵鶏		
	糞尿分離	糞のみ			尿・糞尿			糞尿		
		既肥	販売	廃棄	既肥	販売	廃棄	既肥	販売	廃棄
全国	75.9	39.9	39.2	20.9	41.7	11.9	46.4	18.2	61.2	20.6
北海道	69.7	53.0	36.1	10.8	50.0	19.5	30.5	44.3	51.0	4.7
青森	80.0	37.5	54.2	8.3	46.7	26.7	26.7	21.0	38.3	40.7
岩手	76.0	44.7	39.5	15.8	54.0	8.0	38.0	21.6	64.7	13.8
宮城	89.3	64.5	22.4	13.2	60.0	11.8	28.2	29.2	50.5	20.4
秋田	62.8	37.0	55.6	7.4	36.4	20.5	43.2	16.3	64.0	19.8
山形	88.1	24.3	64.9	10.8	40.5	9.5	50.0	23.0	66.0	11.0
福島	55.4	41.9	41.9	16.1	54.4	21.1	24.6	39.3	45.0	15.7
茨城	71.0	44.2	48.1	7.7	52.1	13.7	34.2	11.3	71.3	17.3
栃木	81.6	36.7	56.7	6.7	48.7	7.7	43.6	13.6	63.1	23.3
群馬	86.8	41.1	48.2	10.7	40.8	7.7	51.5	16.1	77.5	6.4
埼玉	73.2	41.9	41.9	16.1	45.2	4.8	50.0	24.1	51.6	24.3
千葉	65.6	26.7	58.3	15.0	45.1	9.9	45.1	12.7	67.0	20.2
東京	80.0	66.7	33.3	0.0	60.0	0.0	40.0	32.3	52.8	15.0
神奈川	87.5	26.7	46.7	26.7	11.8	5.9	82.4	23.6	64.9	11.5
新潟	74.4	26.7	56.7	16.7	37.5	10.0	52.5	16.0	69.2	14.7
富山	42.9	25.0	50.0	25.0	14.3	42.9	42.9	24.4	48.7	26.9
石川	80.0	0.0	75.0	25.0	0.0	20.0	80.0	10.3	71.2	18.5
福井	100.0	0.0	0.0	100.0	-i	-i	-i	17.8	65.4	16.8
山梨	66.7	28.6	71.4	0.0	22.2	33.3	44.4	21.3	65.6	13.1
長野	72.4	23.8	71.4	4.8	44.8	17.2	37.9	27.0	52.0	21.0
岐阜	70.6	33.3	41.7	25.0	35.3	17.6	47.1	16.4	46.5	37.0
静岡	78.7	43.2	45.9	10.8	27.1	8.3	64.6	28.3	52.8	18.9
愛知	80.0	36.4	25.0	38.6	25.5	9.1	65.5	7.2	71.9	20.9
三重	72.2	30.8	38.5	30.8	16.7	11.1	72.2	10.2	69.5	20.2
滋賀	66.7	33.3	33.3	33.3	33.3	0.0	66.7	20.7	27.9	51.4
京都	50.0	33.3	33.3	33.3	25.0	25.0	50.0	16.8	60.6	22.6
大阪	50.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	12.2	61.6	26.2
兵庫	71.4	45.5	27.3	27.3	40.0	6.7	53.3	27.7	49.5	22.8
奈良	50.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	22.3	55.4	22.3
和歌山	75.0	25.0	25.0	50.0	25.0	0.0	75.0	11.1	74.6	14.3
鳥取	62.5	44.4	33.3	22.2	43.8	18.8	37.5	26.8	53.5	19.7
島根	80.0	25.0	50.0	25.0	33.3	16.7	50.0	15.4	61.8	22.8
岡山	80.0	55.6	22.2	22.2	50.0	10.0	40.0	13.3	54.7	32.0
広島	71.4	20.0	40.0	40.0	25.0	25.0	50.0	17.4	58.1	24.4
山口	60.0	50.0	25.0	25.0	33.3	33.3	33.3	32.3	47.7	20.0
徳島	90.5	31.6	31.6	36.8	35.0	5.0	60.0	7.6	76.8	15.6
香川	63.6	28.6	57.1	14.3	36.4	27.3	36.4	20.6	43.2	36.2
愛媛	86.5	32.3	22.6	45.2	36.1	11.1	52.8	27.2	52.1	20.8
高知	60.0	16.7	50.0	33.3	27.3	18.2	54.5	19.0	76.2	4.8
福岡	70.6	25.0	50.0	25.0	41.2	11.8	47.1	11.8	67.6	20.6
佐賀	87.5	46.2	30.8	23.1	31.3	6.3	62.5	6.5	59.8	33.6
長崎	85.0	47.1	29.4	23.5	52.5	2.5	45.0	32.6	49.9	17.5
熊本	80.0	40.0	35.0	25.0	48.0	2.0	50.0	9.5	75.9	14.6
大分	77.8	35.7	28.6	35.7	27.8	5.6	66.7	8.7	63.5	27.8
宮崎	87.4	27.3	15.9	56.8	27.8	7.9	64.2	12.9	73.5	13.6
鹿児島	77.5	46.0	32.0	22.0	44.6	13.1	42.3	6.6	82.3	11.1
沖縄	50.8	59.4	34.4	6.3	31.7	22.2	46.0	18.0	73.0	9.0

附表9のつづき　　単位：%

	ブロイラー		
	糞尿		
	既肥	販売	廃棄
全国	12.6	68.4	19.0
北海道	0.0	76.9	23.1
東北	11.8	57.4	30.7
北陸	8.8	52.9	38.2
関東・東山	24.4	51.6	24.1
東海	6.7	75.9	17.4
近畿	19.2	57.6	23.2
中国	13.9	64.0	22.1
四国	16.5	71.6	11.9
九州	7.7	77.8	14.4

糞尿分離：糞尿が分離されて処理されている割合
尿・糞尿：糞尿混合を含む尿
既肥：自家製既肥に利用されている割合
販売：既肥として利用するために販売・交換されている割合
廃棄：廃棄されている割合

本附表の値は下記の統計より求めたものである．
平成５年農業構造動態調査報告書－酪農部門構造－
平成３年肉用牛生産構造調査報告書
平成４年豚生産構造調査報告書
畜産統計－家畜飼養の概況－昭和62年．採卵鶏
畜産統計－家畜飼養の概況－昭和62年．ブロイラー

附表10　牛久沼集水域，取手市，里美村における堆厩肥の自給量，購入量の計算

			堆肥	もみがら堆肥	おがくずバーク堆肥	牛糞厩肥	豚糞厩肥	鶏糞厩肥
有機物	水田	自給	183.6	0.0	0.0	365.0	173.1	3.3
施用量		他から	0.0	0.0	47.1	238.4	82.4	63.3
農地当り	普通畑	自給	684.0	393.3	103.0	2,606.4	156.0	272.9
kgFW/ha		他から	0.0	0.0	57.8	1,394.5	787.5	659.1
	樹園地	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	326.8	0.0
		他から	0.0	1,568.6	0.0	0.0	683.0	0.0
	牧草地	自給	0.0	0.0	0.0	22,520.9	371.5	0.0
		他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
窒素率			0.70%	0.75%	0.80%	0.70%	0.90%	1.40%
窒素施用量	水田	自給	1.28	0.00	0.00	2.56	1.56	0.05
農地当り		他から	0.00	0.00	0.38	1.67	0.74	0.89
kgN/ha	普通畑	自給	4.79	2.95	0.82	18.25	1.40	3.82
		他から	0.00	0.00	0.46	9.76	7.09	9.23
	樹園地	自給	0.00	0.00	0.00	0.00	2.94	0.00
		他から	0.00	11.76	0.00	0.00	6.15	0.00
	牧草地	自給	0.00	0.00	0.00	157.65	3.34	0.00
		他から	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

牛久沼集水域

農地面積	ha	水田	2,253	2,253	2,253	2,253	2,253	2,253
		普通畑	3,370	3,370	3,370	3,370	3,370	3,370
		樹園地	163	163	163	163	163	163
		牧草地	0	0	0	0	0	0
窒素施用量	t N	合計	19.032	11.857	5.184	103.900	35.280	46.075
地域全体		自給	19.032	9.940	2.777	67.243	8.721	12.981
		他から	0.000	1.918	2.407	36.657	26.559	33.094

取手市

農地面積	ha	水田	719	719	719	719	719	719
		普通畑	230	230	230	230	230	230
		樹園地	10	10	10	10	10	10
		牧草地	4	4	4	4	4	4
窒素施用量	t N	合計	2.101	0.836	0.578	9.748	3.732	3.724
地域全体		自給	2.101	0.718	0.201	6.302	1.507	0.964
		他から	0.000	0.118	0.377	3.445	2.225	2.760

里美村

農地面積	ha	水田	393	393	393	393	393	393
		普通畑	136	136	136	136	136	136
		樹園地	51	51	51	51	51	51
		牧草地	362	362	362	362	362	362
窒素施用量	t N	合計	1.156	1.001	0.323	62.537	3.733	2.141
地域全体		自給	1.156	0.401	0.112	60.553	2.164	0.538
		他から	0.000	0.600	0.211	1.984	1.569	1.603

附表10のつづき

			おがくず牛糞厩肥	おがくず豚糞厩肥	おがくず鶏糞厩肥	稲わら	麦わら	
有機物	水田	自給	42.4	0.0	0.0	2,288.1	83.4	
施用量		他から	29.4	0.0	0.0	17.7	0.0	
農地当り	普通畑	自給	887.5	201.4	345.2	1.0	352.5	
kgFW/ha		他から	933.5	405.6	0.0	0.0	0.0	
	樹園地	自給	2,614.4	0.0	0.0	0.0	0.0	
		他から	522.9	0.0	0.0	326.8	0.0	
	牧草地	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
窒素率			0.40%	0.50%	0.80%	0.69%	0.41%	
窒素施用量	水田	自給	0.17	0.00	0.00	15.74	0.34	
農地当り		他から	0.12	0.00	0.00	0.12	0.00	
kgN/ha	普通畑	自給	3.55	1.01	2.76	0.01	1.45	
		他から	3.73	2.03	0.00	0.00	0.00	
	樹園地	自給	10.46	0.00	0.00	0.00	0.00	
		他から	2.09	0.00	0.00	2.25	0.00	
	牧草地	自給	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		他から	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

牛久沼集水域

農地面積	ha	水田	2,253	2,253	2,253	2,253	2,253	
		普通畑	3,370	3,370	3,370	3,370	3,370	
		樹園地	163	163	163	163	163	
		牧草地	0	0	0	0	0	自給堆厩肥
窒素施用量	t N	合計	27.241	10.228	9.307	36.131	5.640	の合計
地域全体		自給	14.050	3.393	9.307	35.491	5.640	147.444
		他から	13.190	6.835	0.000	0.640	0.000	121.301

購入堆厩肥・購入稲麦わらの合計

取手市

農地面積	ha	水田	719	719	719	719	719	
		普通畑	230	230	230	230	230	
		樹園地	10	10	10	10	10	
		牧草地	4	4	4	4	4	自給堆厩肥
窒素施用量	t N	合計	2.064	0.712	0.672	11.572	0.601	の合計
地域全体		自給	1.099	0.245	0.672	11.462	0.601	13.811
		他から	0.964	0.466	0.000	0.110	0.000	10.466

購入堆厩肥・購入稲麦わらの合計

里美村

農地面積	ha	水田	393	393	393	393	393	
		普通畑	136	136	136	136	136	
		樹園地	51	51	51	51	51	
		牧草地	362	362	362	362	362	自給堆厩肥
窒素施用量	t N	合計	1.744	0.413	0.376	6.350	0.331	の合計
地域全体		自給	1.083	0.137	0.376	6.188	0.331	66.519
		他から	0.661	0.276	0.000	0.162	0.000	7.066

購入堆厩肥・購入稲麦わらの合計

附表10のつづき

取手市における自給堆厩肥の施用量は，自家製堆厩肥を作るための家畜糞尿，農作物副産物，おがくずの供給量より多い．すなわち，自家製堆厩肥の材料が足りないのである．

自給堆厩肥の施用量	13.811 tN
自家製堆厩肥の材料の量	9.317 tN
家畜糞尿	6.257 tN
農作物副産物	2.819 tN
おがくず	0.241 tN

材料がなければ，堆厩肥は作ることができない．そこで，自給堆厩肥の施用量は次のように減少すると見積もった．

自給堆厩肥の施用量	8.066 tN
自家製堆厩肥の材料の量	9.317 tN
家畜糞尿	6.257 tN
農作物副産物	2.819 tN
おがくず	0.241 tN
家畜糞尿腐熟過程の損失	1.251 tN

この見積もりにおいては，堆厩肥の腐熟過程において，家畜糞尿が原料の場合，約20%の損失があることがわかっており，それを踏まえて自給堆厩肥の施用量を計算した．

こうすると，農地への堆厩肥の施用量が減少してしまうが，農家は自給堆厩肥が確保できない場合は購入するもの考え，購入堆厩肥を増やすことにした．この様な考えに基づき，取手市における堆厩肥の施用量を次のように変更した．

自給堆厩肥の施用量	8.066	tN
購入堆厩肥・購入稲麦わら	16.210	tN

附表11-1　牛久沼集水域における農作物副産物の処理量の計算　　単位：tN

農作物副産物の生産量	253.362			A	附表2-1
畜産へ供給される量	2.939			B	附表7-1
自家製堆厩肥に加工される量	28.972			C=D+E	
堆肥の自給施用量		19.032		D	附表10
もみがら堆肥の自給施用量		9.940		E	附表10
農地に鋤込みされる量	152.934			A-B-C-F-U	
販売・交換される量	40.351			F=G-K-R-S+T	
稲わら生産量		96.387		G=H*I*J	
稲わらの面積当たり生産量			5,100	H　(kg/ha)	
稲わらの窒素率			0.688%	I　(%)	
稲の作付面積			2,747	J　(ha)	表4.1
畜産での自給稲わら量*1		3.431		K=L*M+N*O+P*Q	
乳牛での自給稲わら量*1			0.454	L　(kgN/頭)	附表8
乳牛の飼養頭数			355	M　(頭)	表4.1
肉牛での自給稲わら量*1			3.419	N　(kgN/頭)	附表8
肉牛の飼養頭数			566	O　(頭)	表4.1
豚での自給稲わら量*1			0.069	P　(kgN/頭)	附表8
豚の飼養頭数			19,349	Q　(頭)	表4.1
堆肥の自給施用量		19.032		R	附表10
農地への稲わらの自給施用量		35.491		S	附表10
もみがら堆肥の他からの量		1.918		T	附表10
農作物副産物の廃棄量	28.166			U=V-W-X	
農作物副産物の廃棄部分の量		40.024		V	附表2-1
もみがら堆肥の自給施用量		9.940		W	附表10
もみがら堆肥の他からの施用量		1.918		X	附表10

*1　自給飼料・自給敷料のうちの稲わらの量

附表11-2　取手市における農作物副産物の処理量の計算　　単位：tN

農作物副産物の生産量	46.461			A	附表3-1
畜産へ供給される量	0.048			B	附表7-2
自家製堆厩肥に加工される量	2.819			C=D+E	
堆肥の自給施用量		2.101		D	附表10
もみがら堆肥の自給施用量		0.718		E	附表10
農地に鋤込みされる量	34.027			A-B-C-F-U	
販売・交換される量	7.949			F=G-K-R-S+T	
稲わら生産量		21.439		G=H*I*J	
稲わらの面積当たり生産量			5,100	H　(kg/ha)	
稲わらの窒素率			0.688%	I　(%)	
稲の作付面積			611	J　(ha)	表4.4
畜産での自給稲わら量*1		0.044		K=L*M+N*O+P*Q	
乳牛での自給稲わら量*1			0.454	L　(kgN/頭)	附表8
乳牛の飼養頭数			78	M　(頭)	表4.4
肉牛での自給稲わら量*1			3.419	N　(kgN/頭)	附表8
肉牛の飼養頭数			0	O　(頭)	表4.4
豚での自給稲わら量*1			0.069	P　(kgN/頭)	附表8
豚の飼養頭数			124	Q　(頭)	表4.4
堆肥の自給施用量		2.101		R	附表10
農地への稲わらの自給施用量		11.462		S	附表10
もみがら堆肥の他からの量		0.118		T	附表10
農作物副産物の廃棄量	1.617			U=V-W-X	
農作物副産物の廃棄部分の量		2.453		V	附表3-1
もみがら堆肥の自給施用量		0.718		W	附表10
もみがら堆肥の他からの施用量		0.118		X	附表10

*1　自給飼料・自給敷料のうちの稲わらの量

附表11-3　里美村における農作物副産物の処理量の計算　　単位：tN

農作物副産物の生産量	103.138			A	附表4-1
畜産へ供給される量	2.619			B	附表7-3
自家製堆厩肥に加工される量	1.557			C=D+E	
堆肥の自給施用量		1.156		D	附表10
もみがら堆肥の自給施用量		0.401		E	附表10
農地に鋤込みされる量	98.532 *2			A-B-C-F-U	
販売・交換される量	-0.020 *2			F=G-K-R-S	
稲わら生産量		9.860		G=H*I*J	
稲わらの面積当たり生産量			5,100	H　(kg/ha)	
稲わらの窒素率			0.688%	I　(%)	
稲の作付面積			281	J　(ha)	表4.7
畜産での自給稲わら量*1		2.536		K=L*M+N*O+P*Q	
乳牛での自給稲わら量*1			0.454	L　(kgN/頭)	附表8
乳牛の飼養頭数			912	M　(頭)	表4.7
肉牛での自給稲わら量*1			3.419	N　(kgN/頭)	附表8
肉牛の飼養頭数			615	O　(頭)	表4.7
豚での自給稲わら量*1			0.069	P　(kgN/頭)	附表8
豚の飼養頭数			277	Q　(頭)	表4.7
堆肥の自給施用量		1.156		R	附表10
農地への稲わらの自給施用量		6.188		S	附表10
もみがら堆肥の他からの量		− *3		−	附表10
農作物副産物の廃棄量	0.449			U=V-W	
農作物副産物の廃棄部分の量		0.851		V	附表4-1
もみがら堆肥の自給施用量		0.401		W	附表10
もみがら堆肥の他からの施用量		− *3		−	附表10

*1　自給飼料・自給敷料のうちの稲わらの量

*2　販売・交換される農作物副産物の量がマイナスになっている．これは，里美村の稲の作付面積が少ないため稲わらの生産量が少ないことに起因する．この様な場合，販売・交換することはなく，さらに，農地への鋤込み量が少なくなると考えた．そこで，農地に鋤込みされる量及び販売・交換される量を次のようにする．

農地に鋤込みされる量	98.512	tN
販売・交換される量	0	tN

*3　稲の作付面積が少ないため，籾殻の生産量が少なく，販売・交換することはないと考えた．本来の計算ではもみがら堆肥の購入量と同量の籾殻を販売・交換しているものとしているが，ここでは，それがないとして計算を行った．

附表12　自家製堆厩肥を作るための材料（おがくず）の購入量（購入堆厩肥→堆厩肥）の計算例

牛久沼集水域	おがくずバーク堆肥の自給量	2.777	tN	
	おがくず牛糞厩肥の自給量の2%	0.281	tN	12.966tN*2%
	おがくず豚糞厩肥の自給量の2%	0.068	tN	3.461tN*2%
	おがくず鶏糞厩肥の自給量の2%	0.186	tN	8.900tN*2%
	合計（購入堆厩肥→堆厩肥）	3.312	tN	
取手市	おがくずバーク堆肥の自給量	0.201	tN	
	おがくず牛糞厩肥の自給量の2%	0.022	tN	1.017tN*2%
	おがくず豚糞厩肥の自給量の2%	0.005	tN	0.250tN*2%
	おがくず鶏糞厩肥の自給量の2%	0.013	tN	0.643tN*2%
	合計（購入堆厩肥→堆厩肥）	0.241	tN	
里美村	おがくずバーク堆肥の自給量	0.112	tN	
	おがくず牛糞厩肥の自給量の2%	0.022	tN	1.083tN*2%
	おがくず豚糞厩肥の自給量の2%	0.003	tN	0.137tN*2%
	おがくず鶏糞厩肥の自給量の2%	0.008	tN	0.376tN*2%
	合計（購入堆厩肥→堆厩肥）	0.144	tN	

これらのデータは全て附表10を参照

附表13　各都道府県における有機物の施用量

データソース：農林水産省農産園芸局農産課土壌保全班の土壌管理実態調査アンケート調査

北海道 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	859.0	0.0	483.5	0.0	81.1	257.9	0.0	0.0	0.0	1,660.5	0.0
	他から	454.3	0.0	199.1	0.0	7.1	621.1	0.0	0.0	0.0	8.5	0.0
畑	自給	592.9	0.0	5,545.9	76.7	14.5	194.4	0.0	105.8	261.9	17.3	197.7
	他から	269.9	0.0	1,601.2	568.8	113.8	917.1	227.2	45.3	1,187.9	1.9	0.0
樹園地	自給	2,084.7	0.0	404.1	404.1	0.0	0.0	641.4	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	192.4	64.1	7,248.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
牧草地	自給	338.1	0.0	3,985.2	0.0	249.8	19.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	185.8	0.0	0.1	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

青森県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	807.8	31.5	272.5	212.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,420.6	12.1
	他から	0.0	0.0	223.8	368.1	0.0	0.0	0.0	0.0	47.2	0.0	0.0
畑	自給	300.3	122.0	7,761.3	655.4	81.3	1,287.8	81.3	0.0	0.0	208.8	28.1
	他から	363.3	325.3	3,705.4	746.9	469.0	1,325.7	0.0	162.7	1,035.7	4.3	0.0
樹園地	自給	888.5	698.2	145.7	201.2	27.3	300.4	218.5	50.1	0.0	515.7	0.0
	他から	528.3	974.2	523.0	197.2	68.3	351.4	70.1	154.3	28.2	0.0	0.0
牧草地	自給	36.9	0.0	3,486.6	0.0	0.0	2,770.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

岩手県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	300.9	23.5	5,044.2	185.7	1.5	515.6	0.0	0.0	0.0	1,811.6	0.0
	他から	92.7	145.6	1,747.0	196.8	91.4	82.3	0.0	2.6	0.0	100.9	0.0
畑	自給	163.2	545.5	23,306.2	230.2	95.4	1,918.2	0.0	0.0	0.0	4.5	5.6
	他から	134.2	210.5	1,549.5	142.4	280.4	121.6	225.5	112.3	368.7	1.4	0.0
樹園地	自給	473.4	0.0	1,319.5	94.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	370.4	0.0
	他から	402.4	0.0	994.1	461.5	71.0	0.0	0.0	59.2	118.3	0.0	0.0
牧草地	自給	24.1	214.3	3,484.1	543.7	0.0	241.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	353.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

宮城県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	399.1	0.0	2,424.6	236.6	0.0	53.8	0.0	0.0	0.0	727.2	8.6
	他から	405.2	4.5	1,502.0	49.1	9.4	39.7	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0
畑	自給	820.9	1,546.8	6,476.8	337.8	29.0	2,292.5	0.0	0.0	0.0	289.6	24.1
	他から	337.8	0.0	6,554.1	984.3	9.7	579.2	666.0	1,496.1	337.8	0.0	0.0
樹園地	自給	0.0	0.0	4,226.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	9,797.7	1,589.6	0.0	0.0	0.0	534.7	0.0	650.3	0.0
牧草地	自給	643.3	0.0	6,289.7	0.0	0.0	681.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

秋田県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	500.8	0.0	587.0	136.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4,704.4	0.0
	他から	21.9	0.0	68.2	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
畑	自給	2,761.6	28.9	4,517.4	1,018.8	180.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.4
	他から	3,526.0	0.0	1,381.3	868.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
樹園地	自給	495.6	0.0	55.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	510.8	0.0	1,184.4	0.0	331.3	0.0	0.0	331.3	0.0	0.0	0.0
牧草地	自給	2,230.3	0.0	5,234.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

データソース：農林水産省農産園芸局農産課土壌保全班の土壌管理実態調査アンケート調査

山形県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	242.8	75.3	2,048.7	151.2	0.0	79.1	40.9	0.0	24.6	3,432.3	16.4
	他から	61.4	40.9	394.3	1,760.4	4.1	135.9	0.0	12.3	0.0	0.0	0.0
畑	自給	215.4	39.2	4,627.9	146.9	6.5	1,227.2	0.0	0.0	0.0	0.0	13.1
	他から	0.0	0.0	8,018.9	2,718.7	39.2	2,356.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
樹園地	自給	105.9	202.1	232.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89.9	0.0
	他から	488.1	11.6	2,138.9	168.2	436.3	0.0	0.0	0.0	15.7	14.5	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	4,242.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

福島県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	841.3	67.5	2,080.5	337.4	0.0	0.0	0.0	0.0	13.2	2,928.9	0.0
	他から	0.0	0.0	484.8	0.0	8.8	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0
畑	自給	1,428.8	583.1	4,511.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	131.2	1,479.1	1,360.5
	他から	97.2	0.0	1,734.7	0.0	291.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
樹園地	自給	532.7	255.3	5,679.8	0.0	0.0	776.9	0.0	0.0	1,109.9	1,319.6	0.0
	他から	444.0	0.0	4,195.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	527.2	749.2	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	7,018.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4,479.6	37.3	0.0
	他から	0.0	0.0	29.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

茨城県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	183.6	0.0	365.0	173.1	3.3	42.4	0.0	0.0	0.0	2,288.1	83.4
	他から	0.0	0.0	238.4	82.4	63.3	29.4	0.0	0.0	47.1	17.7	0.0
畑	自給	684.0	393.3	2,606.4	156.0	272.9	887.5	201.4	345.2	103.0	1.0	352.5
	他から	0.0	0.0	1,394.5	787.5	659.1	933.5	405.6	0.0	57.8	0.0	0.0
樹園地	自給	0.0	0.0	0.0	326.8	0.0	2,614.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	1,568.6	0.0	683.0	0.0	522.9	0.0	0.0	0.0	326.8	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	22,520.9	371.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

栃木県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	461.9	268.2	2,751.1	118.6	203.1	486.0	0.0	0.0	0.0	2,150.7	315.2
	他から	34.8	46.4	2,027.9	0.0	245.5	224.4	41.3	77.4	0.0	10.3	69.6
畑	自給	541.3	0.0	1,485.4	118.4	0.0	197.3	0.0	0.0	0.0	278.4	202.6
	他から	197.3	118.4	2,128.7	1,764.4	477.2	3,086.8	0.0	47.4	161.0	0.0	0.0
樹園地	自給	374.2	0.0	2,088.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,521.8	0.0
	他から	2,045.3	0.0	1,705.8	0.0	907.9	1,738.9	121.8	52.2	0.0	43.5	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	19,607.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	116.5	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

群馬県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	0.0	0.0	1,678.4	646.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	947.9	511.3
	他から	785.6	0.0	1,550.3	261.9	0.0	140.9	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0
畑	自給	110.2	132.2	14,184.7	275.5	0.0	2,181.0	39.7	0.0	0.0	30.2	248.2
	他から	617.1	0.0	3,190.0	414.4	661.2	604.8	923.5	0.0	288.0	25.6	0.0
樹園地	自給	126.8	0.0	169.1	2,558.1	0.0	422.8	898.5	0.0	0.0	171.2	0.0
	他から	1,268.5	0.0	1,627.9	105.7	0.0	3,203.0	0.0	0.0	0.0	132.1	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	138,600.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

附表13のつづき

データソース：農林水産省農産園芸局農産課土壌保全班の土壌管理実態調査アンケート調査

埼玉県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	126.6	45.2	2,298.0	215.0	107.5	0.0	55.9	0.0	0.0	2,161.3	196.0
	他から	40.2	123.6	219.7	182.8	171.4	0.0	0.0	13.5	0.0	0.0	0.0
畑	自給	443.1	123.6	4,101.0	1,545.6	139.1	304.0	0.0	0.0	279.2	405.5	126.7
	他から	221.0	0.0	4,933.5	226.7	1,176.6	772.8	0.0	0.0	0.0	193.2	571.9
樹園地	自給	809.9	0.0	0.0	258.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,036.0	65.8
	他から	11.2	674.9	1,979.8	63.0	67.5	1,237.3	0.0	0.0	61.9	112.5	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

千葉県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	0.0	103.1	432.9	369.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2,498.1	0.0
	他から	0.0	0.0	498.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
畑	自給	1,514.4	103.8	3,590.4	41.9	545.0	366.8	0.0	298.7	127.9	1,125.6	0.0
	他から	92.2	530.3	433.2	25.2	103.9	404.5	49.3	167.7	13.6	0.0	0.0
樹園地	自給	573.6	1,879.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.4	1,465.6	0.0
	他から	1,338.4	0.0	0.0	573.6	1,290.6	1,912.0	0.0	0.0	2,676.9	0.0	0.0
牧草地	自給	205.0	0.0	10,849.0	0.0	0.0	164.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

東京都 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
畑	自給	3,011.1	0.0	30.9	0.0	680.7	0.0	0.0	0.0	371.3	37.1	0.0
	他から	177.0	0.0	3,818.1	1,834.2	1,959.5	1,658.4	61.9	0.0	1,396.0	0.0	0.0
樹園地	自給	1,406.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	1,666.7	989.6	270.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2,083.3	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	49,600.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

神奈川県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	0.0	0.0	0.0	479.6	0.0	0.0	0.0	2,637.9	0.0	350.1	0.0
	他から	0.0	0.0	1,582.7	10,311.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
畑	自給	2,649.4	0.0	3,238.7	0.0	135.1	0.0	0.0	0.0	0.0	202.3	0.0
	他から	102.3	0.0	8,938.7	2,639.6	693.7	756.8	0.0	252.3	0.0	0.0	0.0
樹園地	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	837.6	0.0
	他から	0.0	0.0	1,185.6	165.2	94.0	826.5	0.0	0.0	0.0	257.7	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	26,191.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

新潟県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	23.9	0.0	1,742.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,735.7	0.0
	他から	0.0	0.0	811.5	238.7	0.0	250.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
畑	自給	0.0	0.0	3,918.9	0.0	579.2	308.9	0.0	0.0	0.0	19.3	0.0
	他から	0.0	0.0	675.7	0.0	281.9	2,200.8	579.2	0.0	0.0	0.0	0.0
樹園地	自給	0.0	0.0	0.0	260.2	243.9	0.0	0.0	0.0	0.0	312.2	0.0
	他から	0.0	280.5	1,747.2	122.0	120.5	2,935.0	1,016.3	11.4	601.6	171.5	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	7,081.5	0.0	0.0	4,914.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

データソース：農林水産省農産園芸局農産課土壌保全班の土壌管理実態調査アンケート調査

富山県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	140.0	0.0	1,065.6	82.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2,703.5	0.0
	他から	200.4	0.0	788.6	0.0	0.0	37.6	0.0	0.0	80.1	19.5	0.0
畑	自給	118.4	0.0	3,479.7	0.0	32.0	1,844.3	0.0	0.0	74.6	487.5	5.5
	他から	522.9	298.5	5,468.0	1,152.5	127.9	2,114.7	130.5	4.1	674.4	32.0	32.0
樹園地	自給	78.6	0.0	406.2	0.0	0.0	291.5	0.0	0.0	111.6	1,901.2	0.0
	他から	386.4	17.1	2,031.9	307.0	85.3	1,124.0	226.4	0.0	452.7	924.3	0.0
牧草地	自給	696.5	0.0	4,046.2	0.0	0.0	2,653.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

石川県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	0.0	0.0	441.1	0.0	147.0	599.1	0.0	24.5	0.0	1,578.4	46.8
	他から	0.0	0.0	520.7	132.3	67.3	838.0	0.0	36.8	24.5	0.0	0.0
畑	自給	118.1	0.0	1,486.1	161.1	97.6	1,171.3	292.8	48.8	0.0	284.3	0.0
	他から	0.0	0.0	3,533.4	3,201.6	239.7	2,752.6	5,788.2	116.2	24.4	0.0	0.0
樹園地	自給	0.0	113.2	407.5	594.2	0.0	372.1	383.1	339.6	0.0	838.1	0.0
	他から	0.0	0.0	56.6	515.0	103.0	135.8	452.7	0.0	803.6	80.6	0.0
牧草地	自給	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	他から	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－

福井県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	15.6	0.0	17.7	105.1	0.0	86.9	10.4	0.0	0.0	3,185.8	3.1
	他から	10.4	0.0	181.6	22.5	15.0	41.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
畑	自給	169.0	12,090.3	4,792.4	254.9	0.0	0.0	87.4	0.0	0.0	15.3	0.0
	他から	61.2	0.0	211.2	126.7	260.0	6,088.9	575.4	0.0	117.3	0.0	0.0
樹園地	自給	160.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,360.6	0.0
	他から	0.0	407.9	1,087.8	1,742.9	222.5	995.1	0.0	0.0	0.0	14.8	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	4,620.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

山梨県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	0.0	21.8	152.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3,688.5	37.5
	他から	58.6	58.1	110.0	0.0	163.6	0.0	0.0	125.3	0.0	0.0	0.0
畑	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	10,909.1	0.0	0.0	2,272.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
樹園地	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	443.5	1,278.3
	他から	0.0	0.0	3,826.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

長野県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	2.5	75.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3,141.3	0.0
	他から	150.6	294.1	75.3	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	55.7	0.0
畑	自給	1,720.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	317.9	112.2
	他から	0.0	598.4	0.0	0.0	1,017.2	897.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
樹園地	自給	0.0	81.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	360.3	0.0
	他から	0.0	0.0	577.4	0.0	692.8	2,009.2	461.9	0.0	461.9	0.0	0.0
牧草地	自給	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	他から	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－

データソース：農林水産省農産園芸局農産課土壌保全班の土壌管理実態調査アンケート調査

岐阜県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	11.9	0.0	535.1	0.0	0.0	133.8	0.0	0.0	44.6	3,797.8	91.0
	他から	0.0	140.9	517.2	49.9	24.5	139.7	0.0	0.0	0.0	13.4	0.0
畑	自給	99.5	81.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	861.3	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	4,789.6	6,460.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
樹園地	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	4,565.2	0.0	652.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
牧草地	自給	0.0	19,800.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

静岡県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	654.8	6.2	806.0	8.3	0.0	586.7	0.0	0.0	0.0	2,335.1	0.0
	他から	265.2	19.7	871.1	0.0	33.8	1,104.7	0.0	11.2	109.3	18.2	0.0
畑	自給	0.0	70.6	4,018.3	880.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	791.3	0.0
	他から	0.0	0.0	2,440.4	91.7	2,602.3	1,376.1	504.6	9,839.4	816.5	0.0	0.0
樹園地	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2,679.5	0.0	0.0	0.0	781.4	0.0
	他から	364.4	0.0	4,458.7	750.3	259.4	535.9	1,757.8	1,093.5	0.0	0.0	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	24,750.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

愛知県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	28.5	1.9	741.9	29.1	35.0	195.2	4.7	0.0	0.0	2,458.3	54.6
	他から	10.2	0.0	614.6	145.6	10.5	109.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
畑	自給	0.0	0.0	650.0	336.6	0.0	1,317.5	278.6	0.0	0.0	303.5	43.5
	他から	182.8	145.1	1,859.8	359.8	1,033.2	4,074.9	731.3	87.1	191.5	65.6	0.0
樹園地	自給	8.7	0.0	0.0	0.0	81.8	297.4	0.0	0.0	0.0	728.6	16.1
	他から	0.0	446.1	774.5	446.1	810.4	2,156.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	34,578.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

三重県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	244.6	58.6	139.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3,092.1	105.3
	他から	13.5	0.0	147.7	0.0	384.4	130.7	0.0	0.0	121.7	1.9	0.0
畑	自給	18.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	511.9	95.1
	他から	274.2	0.0	3,171.8	0.0	933.4	182.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
樹園地	自給	610.6	689.5	516.5	0.0	0.0	1,260.8	0.0	0.0	0.0	400.4	0.0
	他から	253.2	0.0	739.2	25.3	265.8	354.4	258.2	44.3	4.1	55.7	0.0
牧草地	自給	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	他から	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

滋賀県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	58.1	0.0	257.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3,538.7	198.6
	他から	110.0	0.0	122.0	7.3	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
畑	自給	0.0	0.0	774.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	25,483.9	0.0	1,193.5	0.0	0.0	0.0	0.0	38.7	0.0
樹園地	自給	0.0	85.3	1,433.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	511.9	307.2
	他から	511.9	0.0	409.6	0.0	81.9	2,559.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
牧草地	自給	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	他から	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

データソース：農林水産省農産園芸局農産課土壌保全班の土壌管理実態調査アンケート調査

京都府 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	8.1	53.1	1,461.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2,969.8	0.0
	他から	0.0	0.0	1,213.7	0.0	1.7	496.8	0.0	0.0	71.1	0.0	0.0
畑	自給	126.5	0.0	10,441.8	0.0	120.5	0.0	0.0	0.0	0.0	542.2	0.0
	他から	0.0	0.0	594.4	0.0	1,113.5	0.0	0.0	0.0	321.3	0.0	0.0
樹園地	自給	0.0	0.0	277.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3,101.2	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	104.0	181.7	0.0
牧草地	自給	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	他から	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－

大阪府 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	9.1	0.0	145.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2,483.8	0.0
	他から	0.0	0.0	1,281.3	299.5	272.2	0.0	0.0	0.0	2.7	363.0	0.0
畑	自給	980.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,470.6	0.0
	他から	0.0	0.0	19,607.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
樹園地	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	613.7	0.0
	他から	0.0	0.0	1,786.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	211.3	0.0
牧草地	自給	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	他から	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－

兵庫県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	8.8	0.0	3,135.7	0.0	11.9	268.7	0.0	0.0	22.0	2,670.5	78.7
	他から	105.7	0.0	1,790.4	148.9	189.9	571.7	0.0	6.6	185.0	31.9	0.0
畑	自給	543.5	543.5	1,793.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	225.5	0.0
	他から	0.0	0.0	1,902.2	0.0	937.5	0.0	0.0	1,888.6	2,195.7	0.0	0.0
樹園地	自給	1,433.1	87.6	1,242.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	246.8	0.0
	他から	0.0	0.0	429.9	0.0	87.6	2,718.9	0.0	0.0	3,264.3	0.0	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	6,600.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

奈良県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	135.0	629.1	0.0	410.6	0.0	164.2	0.0	0.0	0.0	3,642.2	27.4
	他から	0.0	529.2	385.9	0.0	49.3	234.9	0.0	0.0	840.3	133.2	0.0
畑	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	618.0	0.0
	他から	0.0	0.0	3,595.5	2,191.0	0.0	2,191.0	0.0	0.0	0.0	561.8	0.0
樹園地	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	128.4	0.0	1,146.3	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	25.7	2,939.7	0.0	0.0	64.2	192.6	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	19,800.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

和歌山県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	501.2	0.0	0.0	0.0	1,430.7	0.0
	他から	0.0	0.0	465.4	0.0	372.3	60.9	0.0	1,336.5	214.8	0.0	0.0
畑	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	769.2	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	30.8	0.0	0.0	615.4	3,435.9	0.0	0.0
樹園地	自給	13.7	0.0	16.4	0.0	27.4	0.0	0.0	0.0	180.8	211.8	0.0
	他から	452.1	0.0	39.7	0.0	68.8	356.2	0.0	245.2	764.9	120.5	0.0
牧草地	自給	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	他から	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－

データソース：農林水産省農産園芸局農産課土壌保全班の土壌管理実態調査アンケート調査

鳥取県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	52.5	50.1	4,320.1	0.0	9.5	38.2	0.0	0.0	59.6	2,532.0	73.7
	他から	0.0	0.0	1,896.5	0.0	21.3	107.3	0.0	0.0	0.0	8.6	0.0
畑	自給	1,250.0	0.0	1,591.4	0.0	0.0	0.0	231.5	0.0	0.0	0.0	60.8
	他から	1,736.1	0.0	5,035.3	0.0	243.1	4,432.9	740.7	1,161.7	225.7	12.7	0.0
樹園地	自給	338.7	54.6	1,049.0	0.0	78.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1,536.8	30.6
	他から	131.1	30.6	1,671.8	46.3	571.7	289.6	0.0	0.0	841.3	218.5	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	16,841.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

島根県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	245.0	6.4	3,949.7	101.1	15.6	1,521.3	0.0	0.0	141.8	2,310.7	0.0
	他から	232.3	0.0	1,083.3	0.0	0.0	156.0	0.0	212.8	352.6	0.0	0.0
畑	自給	119.5	393.1	7,651.2	0.0	8.4	2,081.6	0.0	0.0	0.0	865.0	0.0
	他から	0.0	0.0	1,344.6	0.0	85.1	618.8	0.0	83.0	1,817.2	0.0	0.0
樹園地	自給	0.0	0.0	238.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	375.9	0.0
	他から	0.0	0.0	8,715.5	338.3	56.4	0.0	0.0	4.4	1,234.3	250.6	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	759.3	0.0	0.0	175.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

岡山県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	323.1	22.3	1,372.4	0.0	4.9	152.4	0.0	0.0	0.0	3,581.4	512.2
	他から	117.8	0.0	1,211.9	48.8	14.0	71.1	0.0	0.0	30.5	0.0	0.0
畑	自給	1,463.0	8.0	3,506.1	0.0	0.0	421.0	0.0	0.0	0.0	1,013.6	0.0
	他から	0.0	0.0	1,553.8	224.5	204.6	1,838.2	0.0	1,105.0	233.9	0.0	0.0
樹園地	自給	1,567.3	0.0	448.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	505.1	279.5	0.0
	他から	0.0	0.0	202.0	18.9	6.7	1,245.8	0.0	1,010.1	7,659.9	84.2	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	21,175.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

広島県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	559.4	8.1	1,417.3	0.0	172.2	281.8	29.2	0.0	0.0	3,170.5	0.0
	他から	0.0	164.6	342.7	4.5	15.5	259.5	12.2	8.9	68.1	20.3	0.0
畑	自給	1,090.8	1,397.2	6,237.5	399.2	0.0	0.0	0.0	0.0	4,810.4	431.6	0.0
	他から	49.9	20.0	2,463.1	27.9	55.9	6.0	0.0	0.0	2,614.8	647.7	0.0
樹園地	自給	0.0	0.0	1,165.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4,739.7	327.1	0.0
	他から	466.2	0.0	2,335.7	349.7	0.0	1,734.3	0.0	2,622.4	4,218.5	35.0	0.0
牧草地	自給	24.5	0.0	6,168.9	0.0	685.8	7,919.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

山口県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	302.2	72.6	1,245.1	198.4	0.0	186.2	0.0	0.0	0.0	2,757.9	89.7
	他から	29.9	11.9	612.9	196.0	55.6	294.6	296.1	43.5	20.1	0.0	0.0
畑	自給	650.0	0.0	769.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	1,000.0	384.6	0.0	3,346.2	0.0	769.2	0.0	0.0	0.0
樹園地	自給	0.0	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	358.4	0.0
	他から	618.7	0.0	0.0	107.9	162.4	512.6	0.0	2,342.6	0.0	121.4	0.0
牧草地	自給	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	他から	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

附表13のつづき

データソース：農林水産省農産園芸局農産課土壌保全班の土壌管理実態調査アンケート調査

徳島県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	50.3	0.0	3,590.6	0.0	34.3	589.2	0.0	0.0	16.0	2,712.9	38.9
	他から	80.1	0.0	1,203.7	0.0	152.7	526.3	28.6	0.0	0.0	0.0	0.0
畑	自給	0.0	0.0	1,007.4	0.0	172.0	0.0	0.0	51.6	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	927.5	0.0	353.2	1,172.0	245.7	0.0	165.8	110.6	0.0
樹園地	自給	0.0	0.0	251.5	0.0	58.0	0.0	38.7	0.0	0.0	125.3	54.6
	他から	0.0	0.0	371.4	0.0	3,264.0	1,230.2	20.9	0.0	464.2	32.5	0.0
牧草地	自給	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	他から	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－

香川県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	583.1	0.0	1,507.4	0.0	7.7	782.6	0.0	51.3	0.0	3,495.6	234.8
	他から	538.8	0.0	4,282.2	205.3	529.5	3,358.6	128.3	186.0	0.0	0.0	0.0
畑	自給	252.5	0.0	0.0	0.0	1,616.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	9,596.0	40.4	3,363.6	0.0	0.0	0.0	0.0	202.0	0.0
樹園地	自給	0.0	1,422.4	0.0	0.0	39.0	15.6	0.0	0.0	52.0	820.5	303.6
	他から	1,405.0	0.0	1,769.3	0.0	1,052.0	290.5	0.0	130.1	0.0	17.3	8.7
牧草地	自給	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	他から	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－

愛媛県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	67.0	178.6	437.5	174.1	0.0	321.4	0.0	0.0	0.0	2,159.4	130.6
	他から	29.0	0.0	1,187.5	224.8	826.1	313.4	93.8	285.7	53.6	4.5	0.0
畑	自給	0.0	0.0	536.6	196.3	0.0	157.1	104.7	0.0	714.7	706.8	0.0
	他から	0.0	0.0	759.2	5.2	169.5	10,900.5	26.2	628.3	2,414.9	295.8	0.0
樹園地	自給	38.2	0.0	0.0	0.0	351.0	0.0	0.0	0.0	0.0	159.9	0.0
	他から	0.0	0.0	967.2	1,327.1	568.5	116.1	146.0	0.0	449.6	49.8	0.0
牧草地	自給	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	他から	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－

高知県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	0.0	0.0	3,654.8	0.0	0.0	1,073.2	0.0	163.2	0.0	2,202.4	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	362.6	108.8	0.0	36.3	0.0	0.0
畑	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	460.2	0.0	1,258.3	0.0	330.6	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	2,016.1	2,446.2	0.0	317.2	40.3	241.9	0.0
樹園地	自給	0.0	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	81.3	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	119.6	0.0	0.0	319.0	0.0	0.0	0.0
牧草地	自給	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	他から	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－

福岡県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	1,424.0	0.0	1,110.5	84.0	38.8	295.8	149.3	0.0	0.0	2,890.0	256.4
	他から	133.0	0.0	2,709.8	67.2	350.7	4,106.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
畑	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	122.9	94.0
	他から	0.0	0.0	1.7	0.0	600.0	0.0	0.0	120.5	0.0	0.0	0.0
樹園地	自給	106.0	0.0	422.9	0.0	53.0	100.7	0.0	0.0	0.0	292.3	0.0
	他から	87.4	0.0	2,814.5	106.0	509.8	675.7	635.9	88.0	0.0	265.0	0.0
牧草地	自給	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	他から	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－

データソース：農林水産省農産園芸局農産課土壌保全班の土壌管理実態調査アンケート調査

佐賀県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	1,141.5	0.0	1,699.8	0.0	0.0	45.9	0.0	0.0	0.0	2,944.4	619.4
	他から	275.6	0.0	538.6	0.0	197.7	109.8	0.0	80.8	0.0	0.0	0.0
畑	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	2,333.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
樹園地	自給	0.0	38.1	200.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	315.2	0.0
	他から	0.0	64.3	1,800.0	0.0	145.2	2,550.0	0.0	0.0	15.7	214.3	419.0
牧草地	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

長崎県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	137.6	0.0	5,248.5	165.1	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	850.3	170.6
	他から	36.7	0.0	2,080.2	1,663.0	0.0	894.1	0.0	0.0	463.5	82.5	0.0
畑	自給	764.4	26.9	14,940.0	515.3	0.0	68.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	305.8	0.0	2,497.2	1,387.3	124.9	642.1	0.0	0.0	45.3	0.0	0.0
樹園地	自給	0.0	0.0	375.7	375.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	238.4	0.0
	他から	1,277.0	483.1	1,776.7	0.0	37.6	3.2	0.0	4.6	64.4	34.9	0.0
牧草地	自給	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	他から	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－

熊本県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	360.3	66.9	4,399.6	57.9	0.0	254.0	372.2	135.2	66.9	1,907.2	250.3
	他から	398.4	0.0	1,236.4	490.5	346.6	669.3	14.9	16.0	374.4	32.7	0.0
畑	自給	0.0	2,635.0	23,529.3	4.7	192.3	791.0	790.6	270.0	213.2	64.0	0.0
	他から	0.0	647.5	1,321.2	16.6	28.2	652.3	0.0	2,027.5	0.0	106.6	0.0
樹園地	自給	198.2	0.0	1,277.9	0.0	0.0	0.0	131.5	0.0	0.0	116.2	0.0
	他から	694.0	0.0	1,413.9	155.2	425.7	971.1	0.0	101.7	1,052.2	0.0	17.1
牧草地	自給	0.0	0.0	14,966.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

大分県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	630.3	0.0	2,253.7	356.1	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2,531.2	726.1
	他から	148.4	0.0	3,446.6	8.7	71.5	742.1	415.4	0.0	0.0	0.0	0.0
畑	自給	2,887.0	42.8	5,607.6	0.0	128.4	770.2	98.4	0.0	0.0	321.8	470.7
	他から	342.3	0.0	2,583.2	282.4	621.3	2,460.4	128.4	402.2	513.5	124.1	0.0
樹園地	自給	86.1	0.0	538.9	0.0	0.0	718.6	0.0	598.8	0.0	0.0	0.0
	他から	842.1	0.0	909.4	0.0	318.1	1,111.8	52.4	0.0	194.6	587.6	224.6
牧草地	自給	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	他から	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－

宮崎県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	738.8	339.1	4,612.7	0.0	41.9	753.2	0.0	0.0	0.0	918.4	0.0
	他から	348.9	0.0	4,313.7	195.6	974.9	2,018.9	586.9	19.6	0.0	0.0	0.0
畑	自給	165.4	0.0	9,210.6	290.9	198.6	778.9	0.0	1,773.6	0.0	186.6	0.0
	他から	337.7	0.0	2,946.9	219.9	1,856.8	1,603.5	140.5	349.0	345.5	0.0	0.0
樹園地	自給	0.0	0.0	1,162.4	717.0	0.0	1,158.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	408.4	1,162.4	1,559.4	1,842.4	0.0	68.4	0.0	0.0	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	15,494.0	0.0	0.0	1,448.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

附表13のつづき

データソース：農林水産省農産園芸局農産課土壌保全班の土壌管理実態調査アンケート調査

鹿児島県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	0.0	90.8	4,460.6	258.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	866.3	23.8
	他から	125.3	0.0	1,948.2	18.4	84.9	266.1	0.0	58.4	0.0	0.0	0.0
畑	自給	478.7	0.0	12,416.8	858.9	60.2	1,672.2	160.6	50.2	0.0	17.6	8.1
	他から	164.5	0.0	2,550.1	1,792.4	1,527.5	1,475.4	48.3	765.0	37.7	0.7	0.0
樹園地	自給	130.4	0.0	436.8	0.0	66.5	244.5	228.2	0.0	228.2	4.7	0.0
	他から	163.0	0.0	4,443.3	492.2	713.7	0.0	508.5	0.0	0.0	0.0	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	11,590.6	0.0	0.0	66.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	443.0	0.0	351.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

沖縄県 kgFW/ha/年		堆肥	籾殻堆肥	既肥牛糞	既肥豚糞	既肥鶏糞	おがくず既肥牛糞	おがくず既肥豚糞	おがくず既肥鶏糞	おがくずバーク堆肥	稲わら	麦かん
水田	自給	716.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	165.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
畑	自給	278.5	0.0	3,120.1	68.2	28.4	488.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	416.9	0.0	3,139.5	378.3	386.5	444.8	0.0	193.5	85.0	0.0	0.0
樹園地	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	2,500.0	0.0	0.0	0.0	323.5	2,549.0	0.0	391.9	970.6	0.0	0.0
牧草地	自給	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	他から	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

附表14　牛久沼集水域，取手市，里美村における耕土層の窒素現存量の計算

牛久沼集水域

土壌統群	土壌統	面積率	深さ	容積重	全窒素	耕土層の窒素量	
		%	cm	g/100cc	%	kg N ha-1	
厚層腐植質黒ボク土	大津統	2.6	15	70.6	0.37	100	
表層多腐植質黒ボク土	郷ノ原統	1.2	18	60.1	0.49	64	
表層腐植質黒ボク土	桜統	64.1	15	62.5	0.40	2,402	
厚層腐植質多湿黒ボク土	高梨統	2.3	15	84.6	0.42	122	
厚層腐植質多湿黒ボク土	深井沢統	9.2	20	85.8	0.64	1,009	
表層多腐植質多湿黒ボク土	西の原統	3.0	15	63.4	0.53	150	
表層腐植質多湿黒ボク土	大内統	3.6	15	72.4	0.41	162	
表層腐植質多湿黒ボク土	大田和統	4.9	20	69.1	0.52	356	
淡色黒ボク土	大河内統	0.3	15	64.5	0.26	8	
腐植質黒ボクグライ土	八木橋統	2.4	24	75.4	0.40	176	
細粒褐色低地土	新戒統	0.2	18	108.3	0.17	6	
細粒灰色低地土灰色系	四倉統	0.4	14	96.4	0.31	15	
細粒強グライ土	西山統	0.7	15	104.1	0.21	23	
グライ土下層有機質	楢山統	1.1	19	102.8	0.31	64	
泥炭土	岩沼統	1.2	19	99.1	0.47	104	
黒泥土	鳥帽子統	1.8	20	89.6	0.83	271	
黒泥土	赤沼統	1.1	19	97.8	0.29	59	5,091
	農地面積	5,819 ha		農地土壌の窒素現存量		29,627	tN

取手市

土壌統群	土壌統	面積率	深さ	容積重	全窒素	耕土層の窒素量	
		%	cm	g/100cc	%	kg N ha-1	
表層腐植質黒ボク土	桜統	33.3	15	62.5	0.40	1,250	
細粒褐色低地土	新戒統	18.5	18	108.3	0.17	611	
細粒灰色低地土灰色系	四倉統	5.9	14	96.4	0.31	246	
細粒灰色低地土灰褐系	金田統	4.7	13	99.5	0.12	73	
中粗粒灰色低地土灰色系	加茂統	9.6	16	118.3	0.18	327	
泥炭土	岩沼統	15.7	19	99.1	0.47	1,390	
グライ土下層有機質	米里統	12.3	19	88.7	0.33	686	4,583
	農地面積	963 ha		農地土壌の窒素現存量		4,414	tN

里美村

土壌統群	土壌統	面積率	深さ	容積重	全窒素	耕土層の窒素量	
		%	cm	g/100cc	%	kg N ha-1	
細粒灰色低地土灰色系	鴨島統	5.1	18	118.3	0.28	306	
中粗粒灰色低地土灰色系	加茂統	7.4	16	118.3	0.18	252	
礫質灰色低地土灰色系	追子野木統	4.7	12	112.6	0.28	177	
礫質灰色低地土灰色系	国領統	44.9	15	121.6	0.35	2,869	
中粗粒強グライ土	滝尾統	3.6	18	115.1	0.19	142	
厚層腐植質黒ボク土	大津統	4.2	15	70.6	0.37	165	
表層腐植質黒ボク土	桜統	1.8	15	62.5	0.40	68	
細粒褐色森林土	上統	13.3	14	111.6	0.24	498	
礫質褐色森林土	石浜統	6.8	16	116.7	0.32	406	
礫質褐色森林土	五社統	8.1	15	113.4	0.20	277	5,160
	農地面積	942 ha		農地土壌の窒素現存量		4,861	tN

附表15　牛久沼集水域，取手市，里美村における樹木現存量および農地の現存量の計算

牛久沼集水域

作物	面積	樹木の単位現存量	樹木の窒素率	樹木の単位窒素量	樹木の窒素現存量	農地土壌の窒素現存量	農地における窒素現存量
	ha	tDW/ha	%	tN/ha	tN	tN	tN
果樹	162.79	−	−	0.498	81.095		
茶	9.61	40	1.38%	0.552	5.305		
樹木現存量					86.400	29,627	29,713

附表13参照

牛久沼集水域の市町村における果樹樹木の単位面積当たり現存量

作物	面積	単位現存量	樹木窒素率	窒素現存量	単位窒素量
	ha	tDW/ha	%	tN	tN/ha
合計	524			261.0	0.498
ぶどう	9	10	2.60%	2.3	
日本なし	35	25	2.50%	21.9	
うめ	42	20	2.50%	21.0	
かき	24	15	2.45%	8.8	
くり	414	20	2.50%	207.0	

取手市

作物	栽培面積	樹木の単位現存量	樹木窒素率	樹木の窒素現存量	農地土壌の窒素現存量	農地における窒素現存量
	ha	tDW/ha	%	tN	tN	tN
くり	3	20.0	2.50%	1.500		
ぶどう	1	10.0	2.60%	0.260		
うめ	5	20.0	2.50%	2.500		
かき	3	15.0	2.45%	1.103		
茶	2	40.0	1.38%	1.104		
合計				6.467	4,414	4,420

附表13参照

里美村

作物	栽培面積	樹木の単位現存量	樹木窒素率	樹木の窒素現存量	農地土壌の窒素現存量	農地における窒素現存量
	ha	tDW/ha	%	tN	tN	tN
くり	2	20	2.50%	1.000		
ぶどう	3	10	2.65%	0.795		
うめ	3	20	2.50%	1.500		
かき	3	15	2.45%	1.103		
りんご	2	25	2.50%	1.250		
茶	46	40	1.38%	25.300		
合計				30.948	4,861	4,892

附表13参照

附表16-1　牛久沼集水域，取手市，里美村の農地における窒素収支の計算

牛久沼集水域	農作物	作付面積	面積比	化学肥料	窒素固定	雨	灌漑水	脱窒
		ha		kgN/ha	kgN/ha	kgN/ha	kgN/ha	kgN/ha
	水稲	2,747	49.2%	70	40	12	30	70
	らっかせい	559	10.0%	40	90	12	0	30
	芝	1,119	20.0%	220	20	12	0	30
	だいこん	120	2.1%	220	20	12	0	30
	はくさい	180	3.2%	250	20	12	0	30
	すいか	180	3.2%	150	20	12	0	30
	メロン	120	2.1%	150	20	12	0	30
	麦	559	10.0%	60	20	12	0	30
	単位面積当り*1			109.37	36.85	12.00	14.76	49.68
	農地面積 （ha）			5,819	5,819	5,819	5,819	5,819
	農地全体*2 （tN）			636	214	70	86	289

取手市	農作物	作付面積	面積比	化学肥料	窒素固定	雨	灌漑水	脱窒
		ha		kgN/ha	kgN/ha	kgN/ha	kgN/ha	kgN/ha
	水稲	611	80.2%	70	40	15	30	70
	麦類	28	3.7%	60	20	15	0	30
	いも類	13	1.7%	60	20	15	0	30
	豆類	15	2.0%	36	90	15	0	30
	だいこん	10	1.3%	220	20	15	0	30
	キャベツ	14	1.8%	300	20	15	0	30
	ほうれんそう	15	2.0%	200	20	15	0	30
	ねぎ	19	2.5%	200	20	15	0	30
	きゅうり	15	2.0%	500	20	15	0	30
	未成熟とうもろこし	22	2.9%	150	20	15	0	30
	単位面積当り*1			91.56	37.41	15.00	24.06	62.07
	農地面積 （ha）			963	963	963	963	963
	農地全体*2 （tN）			88	36	14	23	60

里美村	農作物	作付面積	面積比	化学肥料	窒素固定	雨	灌漑水	脱窒
		ha		kgN/ha	kgN/ha	kgN/ha	kgN/ha	kgN/ha
	水稲	281	29.2%	70	40	13	30	70
	小麦	23	2.4%	60	20	13	0	30
	大豆	29	3.0%	20	120	13	0	30
	小豆	16	1.7%	10	50	13	0	30
	そば	11	1.1%	20	20	13	0	30
	こんにゃく	11	1.1%	150	20	13	0	30
	まめ科牧草	20	2.1%	20	180	13	0	30
	いね科牧草	57	5.9%	100	20	13	0	30
	まぜまき牧草	160	16.6%	60	100	13	0	30
	青刈トウモロコシ	67	7.0%	110	20	13	0	30
	放牧地	288	29.9%	150	20	13	0	30
	単位面積当り*1			93.39	45.96	13.00	8.75	41.67
	農地面積 （ha）			999	999	999	999	999
	農地全体*2 （tN）			93	46	13	9	42

*1　作付面積の割合をもとにした加重平均値：Σ（作物 i の項目 j の窒素量×作物 i の面積比）

*2　農地全体における窒素収支量：単位面積当たりの窒素量×農地面積

附表16-2　雨による窒素供給量の計算

	牛久沼集水域	取手市	里美村	
年間降水量	1,197	1,515	1,342	mm
雨の窒素濃度	1	1	1	mg N L^{-1}
雨の窒素量	12	15	13	kg N ha^{-1}

1 m^2当たり1 mmの水量は1 L．1 haでは10,000 L.
従って，窒素濃度x mg N L-1の雨がy mm降った場合，
雨の窒素量はx * y / 100で求められる.

附表17-1　牛久沼集水域における窒素現存量およびフロー量

農地面積　5819.41 ha

	地域全体 tN	農地当り kgN/ha
現存量		
食生活	103.4	17.77
農地	29713.1	5105.87
畜産	29.8	5.13
フロー量（コンパートメント）		
主産物	496.2	85.26
副産物	253.4	43.54
購入食料飼料敷料	657.2	112.94
販売交換	112.2	19.28
購入堆厩肥	124.6	21.41
廃棄	384.5	66.07
農地投入	450.8	77.46
損失	67.5	11.59
農畜産物出荷	516.4	88.74
フロー量（農地における入出）		
農地投入	450.78	77.46
化学肥料	636.47	109.37
窒素固定	214.44	36.85
雨	69.83	12.00
潅漑水	85.89	14.76
脱窒	289.10	49.68
農作物吸収	749.53	128.80
蓄積・溶脱	418.78	71.96

	地域全体 tN	農地当り kgN/ha
フロー量（矢印）		
食生活→農地投入	29.1	5.00
食生活→廃棄	304.9	52.39
食生活→損失	40.8	7.01
食生活→畜産	0.0	0.00
畜産→食生活	0.7	0.12
畜産→堆厩肥	123.6	21.24
畜産→販売交換	71.9	12.35
畜産→廃棄	51.4	8.84
畜産→損失	18.2	3.12
畜産→農畜産物出荷	72.7	12.49
堆肥化→農地投入	147.4	25.34
堆肥化→損失	8.5	1.45
農作物主産物→食生活	38.8	6.67
農作物主産物→畜産	13.6	2.34
農作物主産物→農畜産物出荷	443.8	76.25
農作物副産物→堆厩肥	29.0	4.98
農作物副産物→農地投入	152.9	26.28
農作物副産物→販売交換	40.4	6.93
農作物副産物→畜産	2.9	0.51
農作物副産物→廃棄	28.2	4.84
購入食料飼料敷料→食生活	335.3	57.62
購入食料飼料敷料→畜産	321.9	55.32
購入堆厩肥→堆厩肥	3.3	0.57
購入堆厩肥→農地投入	121.3	20.84

附表17-2　取手市における窒素現存量およびフロー量

農地面積　963 ha

	地域全体 tN	農地当り kgN/ha
現存量		
食生活	98.3	102.04
農地	4420.2	4590.05
畜産	1.8	1.86
フロー量（コンパートメント）		
主産物	57.2	59.43
副産物	46.5	48.25
購入食料飼料敷料	345.0	358.29
販売交換	14.6	15.17
購入堆厩肥	16.5	17.08
廃棄	320.5	332.85
農地投入	63.1	65.53
損失	12.8	13.27
農畜産物出荷	54.2	56.23
フロー量（農地における入出）		
農地投入	63.11	65.53
化学肥料	88.17	91.56
窒素固定	36.03	37.41
雨	14.45	15.00
潅漑水	23.17	24.06
脱窒	59.78	62.07
農作物吸収	103.69	107.68
蓄積・溶脱	61.45	63.81

	地域全体 tN	農地当り kgN/ha
フロー量（矢印）		
食生活→農地投入	4.8	4.99
食生活→廃棄	316.6	328.79
食生活→損失	9.7	10.12
食生活→畜産	0.0	0.00
畜産→食生活	0.1	0.09
畜産→堆厩肥	6.3	6.50
畜産→販売交換	6.7	6.92
畜産→廃棄	2.3	2.38
畜産→損失	1.8	1.85
畜産→農畜産物出荷	4.6	4.73
堆肥化→農地投入	8.1	8.38
堆肥化→損失	1.3	1.30
農作物主産物→食生活	5.7	5.87
農作物主産物→畜産	2.0	2.05
農作物主産物→農畜産物出荷	49.6	51.51
農作物副産物→堆厩肥	2.8	2.93
農作物副産物→農地投入	34.0	35.33
農作物副産物→販売交換	7.9	8.25
農作物副産物→畜産	0.0	0.05
農作物副産物→廃棄	1.6	1.68
購入食料飼料敷料→食生活	325.4	337.94
購入食料飼料敷料→畜産	19.6	20.36
購入堆厩肥→堆厩肥	0.2	0.25
購入堆厩肥→農地投入	16.2	16.83

附表17-3　里美村における窒素現存量およびフロー量

農地面積　942 ha

	地域全体 tN	農地当り kgN/ha
現存量		
食生活	6.1	6.46
農地	4891.7	5192.93
畜産	22.5	23.91
フロー量（コンパートメント）		
主産物	83.1	88.20
副産物	103.1	109.49
購入食料飼料敷料	156.4	166.01
販売交換	38.9	41.25
購入堆厩肥	7.2	7.65
廃棄	27.8	29.52
農地投入	176.1	186.93
損失	29.7	31.51
農畜産物出荷	77.4	82.14
フロー量（農地における入出）		
農地投入	176.09	186.93
化学肥料	87.97	93.39
窒素固定	43.29	45.96
雨	12.25	13.00
潅漑水	8.25	8.75
脱窒	39.25	41.67
農作物吸収	186.22	197.69
蓄積・溶脱	102.37	108.67

	地域全体 tN	農地当り kgN/ha
フロー量（矢印）		
食生活→農地投入	4.0	4.24
食生活→廃棄	15.2	16.18
食生活→損失	3.7	3.89
食生活→畜産	0.0	0.00
畜産→食生活	0.1	0.15
畜産→堆厩肥	80.4	85.32
畜産→販売交換	38.9	41.25
畜産→廃棄	12.1	12.86
畜産→損失	10.5	11.11
畜産→農畜産物出荷	28.3	30.04
堆肥化→農地投入	66.5	70.62
堆肥化→損失	15.6	16.52
農作物主産物→食生活	5.9	6.27
農作物主産物→畜産	28.1	29.82
農作物主産物→農畜産物出荷	49.1	52.10
農作物副産物→堆厩肥	1.6	1.65
農作物副産物→農地投入	98.5	104.58
農作物副産物→販売交換	0.0	0.00
農作物副産物→畜産	2.6	2.78
農作物副産物→廃棄	0.4	0.48
購入食料飼料敷料→食生活	16.8	17.89
購入食料飼料敷料→畜産	139.5	148.13
購入堆厩肥→堆厩肥	0.1	0.15
購入堆厩肥→農地投入	7.1	7.50

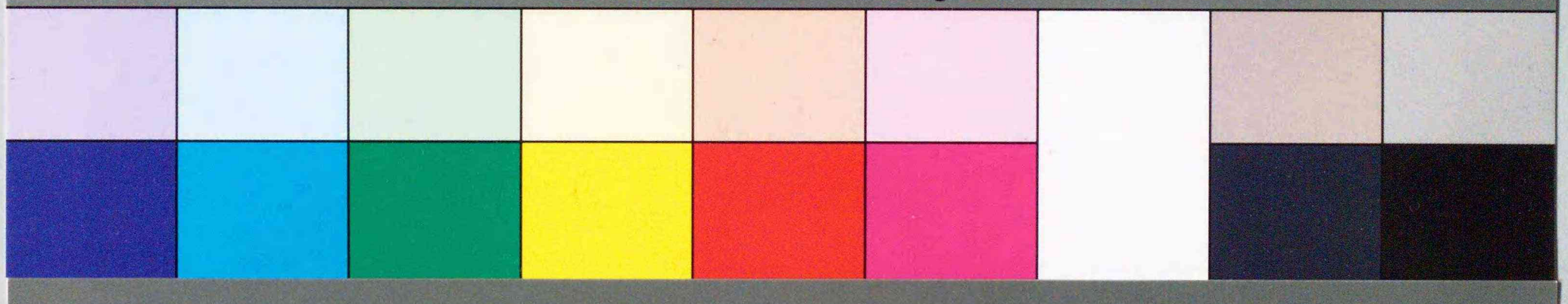
inches 1 2 3 4 5 6 7 8

cm 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

Kodak Color Control Patches

© Kodak, 2007 TM: Kodak

Blue Cyan Green Yellow Red Magenta White 3/Color Black



Kodak Gray Scale

C Y M

© Kodak, 2007 TM: Kodak

A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19