

岩手県における農畜産物生産・消費に係る窒素収支の推定

平賀 昌晃

はじめに

窒素は農畜産物生産において生産量や品質に直接影響を与える物質であるが、近年、地下水の硝酸性窒素濃度の上昇や富栄養化などの環境への負荷が問題視されている。環境に配慮した持続型農業を進める上で、生産と環境影響の適切な窒素バランスに基づいた生産が求められている。

地域全体を対象に食糧生産から消費に及ぶ窒素収支を求めることは、窒素の動きが複雑であるため非常に困難であるが、松本らは地域における「農地」、「人」及び「家畜」を核とする窒素フローモデルを構築し、各種統計データ等を基に窒素フローを見積もる手法を確立した⁵¹⁾。しかし、この手法で都道府県の窒素収支を算出した例は北海道⁴⁹⁾のみである。

そこで本報告では、松本の手法を用いて岩手県における農畜産物の生産及び消費に伴う窒素の流れを定量化すると共に窒素負荷の現状について検討した。

試験方法

推定手法は松本⁵¹⁾の方法に準じ、表1~3に記載した文献・資料に基づいて1999年の岩手県の窒素フローの推定を行なった。なお、具体的な推定法は以下のとおりとした。

1. 農地に関する窒素フローの推定方法

農地から窒素を持ち出す因子(以下、排出因子)を農作物主産物、農作物副産物と脱窒の3要因とし、農地に窒素を持ち込む因子(以下、投入因子)として化学肥料、堆肥、窒素固定、灌漑水、雨の5要因としてそれぞれ算出した。その他の因子として土壌表層に含有される窒素と溶脱をそれぞれ算出した。農地の窒素収支は投入因子から排出因子を減じて求めた。

(1) 農地からの排出

① 農作物主産物

農作物主産物の窒素量は、農作物主産物の生産量⁹⁾に

農作物主産物の窒素含有量^{25,43)}を乗じて算出した。農作物主産物の出荷物の窒素量は、出荷量(県外又は県内)^{9,16,31)}に窒素含有量^{25,31)}を乗じて算出した。ただし、リンドウを除く花き類は、出荷量のデータが無いことや生産量が他品目に較べ少ないこと等から推定値には含めなかった。

② 農作物副産物

農作物副産物の窒素量は、主要農作物ごとの窒素吸収量^{2,3,5,14,15,23,24,26,29,31,38,43,49,52,58)}を作物面積又は生産量⁸⁾に対して算出した値から農作物主産物で求めた窒素量を差し引いた値とした。なお、窒素吸収量に関する資料が無い一部の主要農産物(やまのいも、日本なし、西洋なし、さやいんげん、さやえんどう、うめ、くり、かき、ホップ、おうとう、すもも、ひえ、陸稲、りんどう以外の花き類)については推定に含めなかった。

③ 脱窒

水田における脱窒量は、山室⁶⁰⁾による6.9gN/m²(6/10~8/26)を引用した。なお、9月から翌年5月までの脱窒量は気温が低いことや水田に水が張られていないことから推定に含めなかった。畑の脱窒量は、12月から翌年3月までを除いた期間について0.2kgN/ha/4ヶ月⁵⁴⁾の知見を元に2倍した値を年間の脱窒量とした。

(2) 農地への投入

① 化学肥料由来窒素量

化学肥料は、施肥窒素量^{7,10~12)}に農地面積(経営耕地面積)⁸⁾を乗じて算出した。ただし、地域や栽培時期により施肥量が異なる場合は施肥量の多いほうに統一したため、総量としては多めに見積もられていると思われる。また、リンドウを除いた花き類については、施肥量が不明であることと面積が少ないことから推定に含めなかった。

② 堆肥由来窒素量

堆肥による窒素投入量(tN/y)は、農地(水田、畑、飼料用作物、樹園地)別に以下のとおり算出した(式1)。

堆肥の平均投入量(tN/年)=堆肥の平均施用量(t/ha/年)×(1-水分率(%))^{47,50)}÷100×窒素含有率(乾物:%)^{47,50)}÷100×堆肥投入面積(ha)- (式1)

式1により求めた堆肥における農地別の窒素投入量を

表1 農地に関わる資料

項 目	用いた文献・資料
地域概況	岩手農林水産統計 ⁸⁾
農作物主産物の生産量	岩手農林水産統計 ⁸⁾
農作物主産物の窒素含量	五訂食品成分表 ²⁵⁾ 日本標準飼料成分表 ⁴³⁾
農作物の窒素吸収量	農業技術体系 ^{2,3,5,14,15,23,24,26,29,31,38,49,52,58)} 、日本標準飼料成分表 ⁴³⁾
出荷量	農産物流通動向調査 ⁹⁾ 農林水産物マーケティングデータブック2002 ¹⁶⁾ 経済連販売実績 ²²⁾
脱窒	山室 ⁶⁰⁾ 農業技術体系 ⁵⁴⁾
堆肥施用割合・堆肥施用量	土壌機能実態モニタリング調査 ¹³⁾
人口	国勢調査 ⁴¹⁾
農地面積(経営耕地面積)	岩手農林水産統計 ⁸⁾
堆肥の水分率・窒素含有率	農業技術体系 ⁴⁷⁾ 「土と堆肥と有機物」 ⁵⁰⁾
化学肥料	農産物施肥基準 ⁷⁾ 、 果樹指導要綱 ¹⁰⁾ いわての花と野菜 ¹¹⁾ 主要農産物施用基準 ¹²⁾
窒素固定	農業技術体系 ^{23,37,40)}
灌漑水	岩手の自然環境-土地利用・水利用 ²⁰⁾ 農業用水(水稲)水質基準 ⁵⁶⁾
雨中の窒素濃度	環境報告書 ¹⁸⁾
土壌の化学性等	土壌機能実態モニタリング調査 ¹³⁾
土壌タイプごとの面積	地力保全基本調査総合成績書 ³⁰⁾
溶脱	農業技術体系 ⁴⁰⁾ 「土壌の辞典」 ³²⁾

表2 畜産物に関わる資料

項 目	用いた文献・資料
飼料中の窒素含量	日本標準飼料成分表 ⁴³⁾
飼料の流通量	畜産いわて ¹⁷⁾
飼育頭羽数	岩手農林水産統計 ⁸⁾
畜産物の出荷量	畜産いわて ¹⁷⁾
畜産物の出荷体重	畜産いわて ¹⁷⁾ 、基礎家畜飼育学 ²⁸⁾ 、農業技術体系 ³⁵⁾
畜産物の窒素含有率	五訂食品成分表 ²⁵⁾ 基礎家畜飼育学 ²⁰⁾
畜産排泄物の窒素原単位	家畜糞尿の特性と処理利用の基礎知識 ⁴⁶⁾
畜産排泄物の利用	岩手県農林水産部畜産課に聞き取り
稲わら利用量	畜産物生産費 ⁴⁷⁾ 土壌機能実態モニタリング調査 ¹³⁾

表3 食生活に関わる資料

項 目	用いた文献・資料
し尿の窒素量	地域環境工学シリーズ4 ³⁹⁾
し尿の利用状況	いわての統計情報 ⁴¹⁾
家庭系ごみに占める生ごみの割合	農林水産技術研究ジャーナル ⁴⁸⁾ 山形県長井市のレインボープランの取り組み状況 ⁵⁹⁾
生ごみの水分及び	有機物資源化大辞典 ⁶¹⁾
窒素含有率	土壌肥料学会東北支部会発表要旨 ²⁷⁾
事業系ごみ量	岩手県食品リサイクル推進指針 ⁵⁹⁾
人口	国勢調査 ⁴¹⁾
人体の窒素含有率	「元素111の新知識」 ³⁶⁾

加算して農地の堆肥由来窒素投入量とした。

堆肥の投入面積は、土壤機能実態モニタリング調査(平成6～10年)のアンケート調査結果より得られた堆肥別施用農家割合に農家戸数を乗じて堆肥別の施用農家戸数を算出し、農家戸数当りの平均農地面積(ha/戸)を乗じて農地別に求めた。なお、農家戸数当りの平均農地面積は農地別の経営耕地面積を農地別の農家戸数で割って求めた。堆肥の投入量は土壤機能実態モニタリング調査(平成6～10年)より得られた堆肥別の平均投入量^{14,42)}を引用した。

③農作物副産物

農地へ投入される副産物は稲わらのみとし、他の主要農作物の副産物は圃場からの持ち出しとした。稲わらの農地への投入窒素量は土壤機能実態モニタリング調査(平成6～10年)による稲わら投入面積^{14,42)}に稲わらの面積当りの窒素量を乗じて算出した。なお、稲わらの面積当りの窒素量は上述した副産物の算出方法に従い、水稻の窒素吸収量から主産物の窒素量を減じた値を稲わら(副産物)の窒素量とし、それを水稻の経営耕地面積で割って求めた。

④窒素固定

水稻、大豆、小豆による窒素固定量は、それぞれ2kg/10a⁴⁰⁾、24.5kg/10a²³⁾、5kg/10a³⁷⁾に経営耕地面積を乗じた値とした。

⑤灌漑水

灌漑水により流入する窒素量は、灌漑水の量²⁰⁾(2.65×10⁹m³:H10)に農業用水(水稻)水質基準⁵⁶⁾の窒素濃度1mg/Lを乗じて算出した。

⑥雨

降水量由来の窒素量は、盛岡(H11:1,209mm)の降水量に、窒素濃度0.8mg/L(岩手:H13)¹⁸⁾を乗じて算出した。

(3) 土壌(作土)中の窒素

土壌(作土)中に現存する窒素量は、土壤機能実態モニタリング調査(平成6～10年)の作土深、仮比重、窒素含有率と、地力保全基本調査総合成績書(S53)を参考に土壌タイプごとの面積を用いて以下のとおり算出した(式2)。

土壌(作土)中に現存する窒素量(tN) = 経営耕地面積(m²) × 深さ(m) × 仮比重(g/cc) × 全窒素(%) ÷ 100 —(式2)

ただし、昭和53年から平成10年までに農地の面積は減少しているため、ここでは、土壌タイプに関わらず一定の比率(=平成11年の経営耕地面積/昭和53年の経営耕地面積)で減少していると仮定して土壌タイプごとの

面積を求めた。

(4) 溶脱

水田の溶脱量は20kg/ha⁴⁰⁾として経営耕地面積に乘じて計算した。畑の溶脱量は化学肥料からの溶脱率を21%³²⁾として化学肥料の窒素施用量から溶脱量を推定し、経営耕地面積に乘じて算出した。

2. 畜産物に関する窒素フローの推定方法

投入因子を飼料と農作物副産物の2要因とし、排出因子を家畜排泄物の排出、家畜排泄物の利用、出荷の3要因としてそれぞれ算出した。なお、家畜の現存窒素量は一定と仮定した。

(1) 投入因子

①飼料

粗飼料及び配合・濃厚飼料の流通量¹⁷⁾に、窒素含有率を乗じて算出した。窒素含有率は粗蛋白含量⁴³⁾を窒素-蛋白換算係数⁴³⁾で除して算出した。なお、県内生産分とされる配合飼料¹¹⁾は、聞き取りによって原料が主として県外からの移入であることが分かったので、移入窒素に含めた。

②農作物副産物

畜産に利用される農作物副産物は、利用先を「家畜飼料」、「敷き料」、「堆肥の副資材」とした。「家畜飼料」は稲わらの利用量¹⁷⁾に稲わらの窒素含有率⁴³⁾を乗じて算出した。「敷き料利用の窒素量」は統計値がある乳用牛の敷き料⁵⁸⁾から農作物副産物である稲わらについて求めた。なお、オガクズは稲わらと同程度の量が利用されていた⁵⁷⁾が、林業由来であること及び窒素含有率が稲わらの約10分の1程度^{22,43)}であったことから推定に含めなかった。

堆肥の副資材として利用される農作物副産物は推定可能な稲わらのみとし、その窒素量を次のとおり推定した(式3)。

堆肥副資材利用の稲わら窒素量(tN) = 「稲わらに存在する窒素量」 - 「稲わらの農地投入窒素量」 - 「敷き料利用の窒素量」 - 「家畜飼料として利用される窒素量」 —(式3)

なお、各項目の推定については前述したので省略する。

(2) 排出因子

①家畜排泄物の排出

家畜排泄物の窒素量は家畜別の飼育頭羽数⁸⁾に排泄物中の窒素の家畜別原単位⁴⁶⁾を乗じて算出した。

②家畜排泄物の利用

家畜排泄物の利用状況については岩手県農林水産部畜産課から平成10年度の利用状況を聞き取り、平成10年

における利用別の割合を前述した平成11年の家畜排泄物の窒素量に乗じて求めた。

③畜産物の出荷

生乳・卵の窒素含有率²⁵⁾及び牛・豚・ブロイラーの生体の窒素含有率²⁸⁾と生体重をそれぞれ平成11年の県内向け及び県外出荷頭羽数¹⁷⁾に乗じて算出した。なお、黒毛和種の出荷生体重は662kg、枝肉が409kg³⁵⁾、豚の出荷体重は113kg/頭、枝肉が73.5kg/頭(平均65%)²⁸⁾、ブロイラーは2.7kg/羽¹⁷⁾とした。また、ブロイラーは流通・加工過程が複雑で県内仕向と県外仕向を分けることができなかったことから、全てを1度県外へ移出すると仮定した。

(3) 家畜の窒素現存量

家畜別の窒素含有率²⁸⁾を、家畜重量と家畜別飼育頭羽数⁸⁾に乗じて算出した。なお、乳牛の重量はホルスタイン、肉牛の重量は黒毛和種の重量¹⁷⁾を用いた。豚の重量は肥育豚舎へ移行する際の体重¹⁾を用いた。採卵鶏は肉用鶏(ブロイラー)の家畜改良目標の現在値¹⁷⁾の体重を用いた。

3. 人の食生活に関する窒素フローの推定方法

摂取因子を農作物主産物と畜産物とし、排出因子をし尿と食物残渣としてそれぞれ算出した。なお、人体の現存窒素量は一定と仮定した。

(1) 摂取因子

①農作物主産物

農作物主産物の窒素量の県内流通分は、前述したので省略する。

県外から流入する農作物主産物の窒素量は、推定に用いることのできる統計値がないことから次のとおり推定した(式4)。

購入食料(農作物主産物)の窒素量(tN) = 「し尿の窒素量」+「食物残渣の窒素量」-「購入食料(畜産物)の窒素量」-「畜産物(県内向け出荷)の窒素量」-「農作物主産物(県内向け出荷)の窒素量」 - (式4)

②畜産物

県内流通分における畜産物の窒素量は、前述したので省略する。

購入食料(畜産物)の窒素量は、県外からの入荷頭羽数¹⁷⁾に前述した家畜重量及び窒素含有率を乗じて求めた。

(2) 排出因子

③し尿

し尿としての窒素排出量³⁹⁾に岩手県の人口を乗じて算出した。また、し尿の処理について、農地へのし尿の投入は自家処理の一部と考えられるが、その割合は全体の

2.4%程度²¹⁾と少ないことから、ここでは収支に含めなかった。

②食物残渣

食物残渣の窒素量は、生ごみ(厨芥)の量に乾物率と窒素含有率を乗じて求めた。生ごみの量は、家庭系ごみの量を資源循環推進課より聞き取り、そのうち生ごみが占める割合を30%^{48,53,59)}とした。また、生ごみの水分(72%)3.04%^{53,59,61)}から乾物率を求め、その窒素含有率は3.04%^{53,59,61)}とした。なお、食物残渣の利用状況については、非農家は生ごみを農地に投入しないものとし、農家の生ごみの農地への投入率は50%⁵¹⁾とした。

事業系の生ごみは事業所より排出された食品廃棄物と仮定し、家庭系ごみの厨芥と同様に算出した。事業所より排出された食品廃棄物の量は、岩手県生活環境部が「岩手県食品リサイクル推進指針」¹⁹⁾で試算した値を用いし、乾物率や窒素含有率は家庭系ごみの値を用いた。なお、これは県内で回収された量のため、県外へ処理を頼んだものは含まれていない。

(3) 人体の現存窒素量

日本人の平均体重は一般に50kgが用いられていることから、これに人体中の窒素含有率(約2.5%)³⁶⁾を乗じて算出し、人体に含まれる現存窒素量を1.25kgN/人とした。これに国勢調査の岩手県の人口を乗じて人体の現存窒素量とした。

結 果

1. 土壌に関する窒素収支

前述した推定方法に基づき推定したところ、農地への排出因子の窒素量は、農作物主産物による吸収が4,948tN/年、農作物副産物による吸収が7,111tN/年、脱窒による排出が7,220tN/年であった。

同様に、農地への投入因子の窒素量は、化学肥料により投入される量は12,957tN/年、堆肥から投入される量は18,514tN/年、農作物副産物が投入される量は2,325tN/年であった。松本等⁵¹⁾の方法では、農作物副産物をバイオマス資源のエネルギー的総合利用に関する調査(科学技術庁)より算出していたが、岩手県の農作物副産物に係る統計値は水稻、牧草、大豆、葉タバコ、青刈りとうもろこしの5品目についてのみであるため、ここでは農作物副産物の窒素量を前述した推定方法で求めた。

また、灌漑用水からは2,654tN/年、窒素固定から2,112tN/年、雨から1,590tN/年の窒素が土壌へ投入されていた。

以上を表4にまとめ、図1のとおり土壌に関する窒素

フロー図を作成したところ、農地への窒素の投入量は41千トン(245kg/ha/年)、排出量は28千トン(173kg/ha/年)であった。従って、13千トン(72kg/ha/年)の窒素が農地において蓄積・溶脱されると推定された。(表4、図1)

2. 畜産に関する窒素収支

家畜への投入因子の窒素量は、飼料から43,916tN/年、農作物副産物(稲わら)から1,191tN/年であった。更に飼料は県内流通分と県外購入分に分けることができ、その窒素量はそれぞれ9,076tN/年、34,840tN/年であった。

家畜からの排出因子からの窒素量は、家畜ふん尿として33,108tN/年、出荷分として13,010tN/年であった。家畜ふん尿由来の窒素量は、排出後の利用状況によって、堆肥化する家畜ふん尿の窒素量が22,895tN/年、県外への移出分が4,031tN/年、廃棄分が6,182tN/年、に分けることができた。

また、家畜ふん尿から堆肥化する過程で収支上5,794tN/年の行先不明の窒素量が存在するが、これは脱窒などに伴い損失しているものとした。

以上を表5にまとめ、畜産に関する窒素フロー図を図

表4 土壌に関する窒素フローの推定結果

項目	窒素量		項目	窒素量	
	t/y	kg/ha/yr		t/yr	kg/ha/yr
蓄積	722,419	4,394			
脱窒	7,220	44			
雨	1,590	10			
灌漑用水	2,654	16			
窒素固定	2,112	13			
溶脱	6,674	41			
農産物主産物	4,948	30	県外出荷	3,723	23
粗飼料	9,254	56	県内流通	1,363	8
農産物副産物※	7,111	43	自家処理	7,876	48
化学肥料	12,957	79	県内流通	1,378	8
農産物還元副産物	2,325	14	県外入荷	12,957	79
家畜(飼料)	1,031	6	県外出荷	-	-
家畜(敷料)	159	1	農産物副産物※	7,111	43
農産物廃棄副産物	2,183	13			
堆厩肥(副産物分)	1,412	9			
堆厩肥	18,514	113	堆厩肥	17,101	104
			堆厩肥(副産物分)	1,412	9

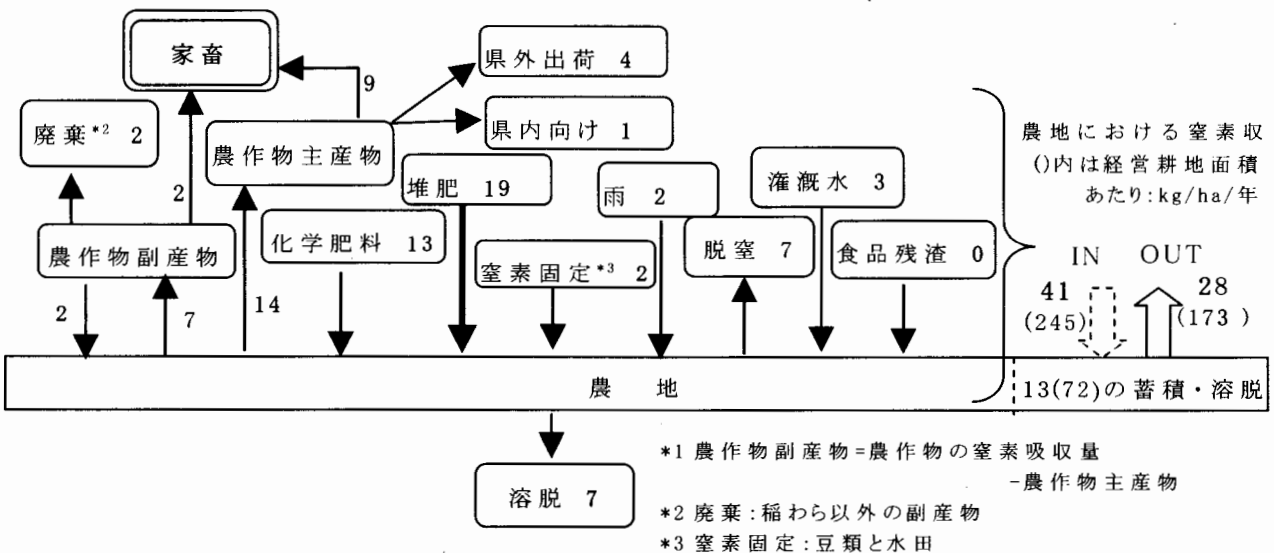


図1 岩手県の農地における窒素フロー (単位: 1000t/年)

2のとおり作成したところ、畜産においては、購入飼料による35千t/年の窒素移入が投入因子の中で最も大きかった。家畜ふん尿由来の窒素は堆肥として70%が利用され、18%が廃棄または未利用であった。(表5、図2)

3. 食生活に関する窒素収支

食生活における摂取因子の窒素量は、農作物主産物から3,320tN/年、畜産物から4,552tN/年であった。なお、「家計年報」(盛岡)より農作物主産物及び畜産物からの窒素量を算出すると、それぞれ1,438tN/年、1,060tN/年であったが、これらには人の摂取を経由しないで排出(廃棄)される量が含まれていないことを考慮し、前述した推定方法により求めた窒素量を用いた。

食生活に関する排出因子の窒素量は、し尿が4,652tN/年、食物残渣が3,220tN/年であった。

食物残渣における窒素量の内訳は、家庭系から1,950tN/年、事業系から1,270tN/年であった。なお、1人あたりの生ごみの排出量を「環境報告書」(岩手県)より0.4kgN/人/年¹⁸⁾として計算すると岩手県の生ごみ由来窒素は566t/年であり、3,220tN/年と大きく異なるが、ここでは消費者を経由しない生ごみを含めた値が求められていることから、前者の値3,220tN/年を用いた。

以上を表6にまとめ、食生活に関する窒素フローを図3のとおり作成したところ、食生活においては、約7千t/年の食料由来の窒素が岩手県で摂食され、県外からの購入食料がその57%を占めていた。排出される窒素は農地にほとんど還元されず、循環利用はほとんど行われていなかった。(表6、図3)

表5 畜産に関する窒素フローの推定結果

項目	窒素量		項目	窒素量		項目	窒素量		
	t/y	kg/ha/yr		t/yr	kg/ha/yr		t/yr	kg/ha/yr	
蓄積	6,955	42							
→ 人間	1,060	6							
家畜	→ ふん尿	33,108	201	→ 堆肥肥化	22,895	139	→ 堆肥肥脱窒等	17,101	104
				→ 県外移出	4,031	25			
				→ 廃棄	6,182	38			
	→ 出荷	12,931	79	→ 県内流通	2,228	14			
				→ 県外出荷	9,425	57			
← 農産物副産物(敷料用)	159	1							
← 飼料	43,916	267	← 県内流通	9,076	55				
			← 県外入荷	34,840	212				

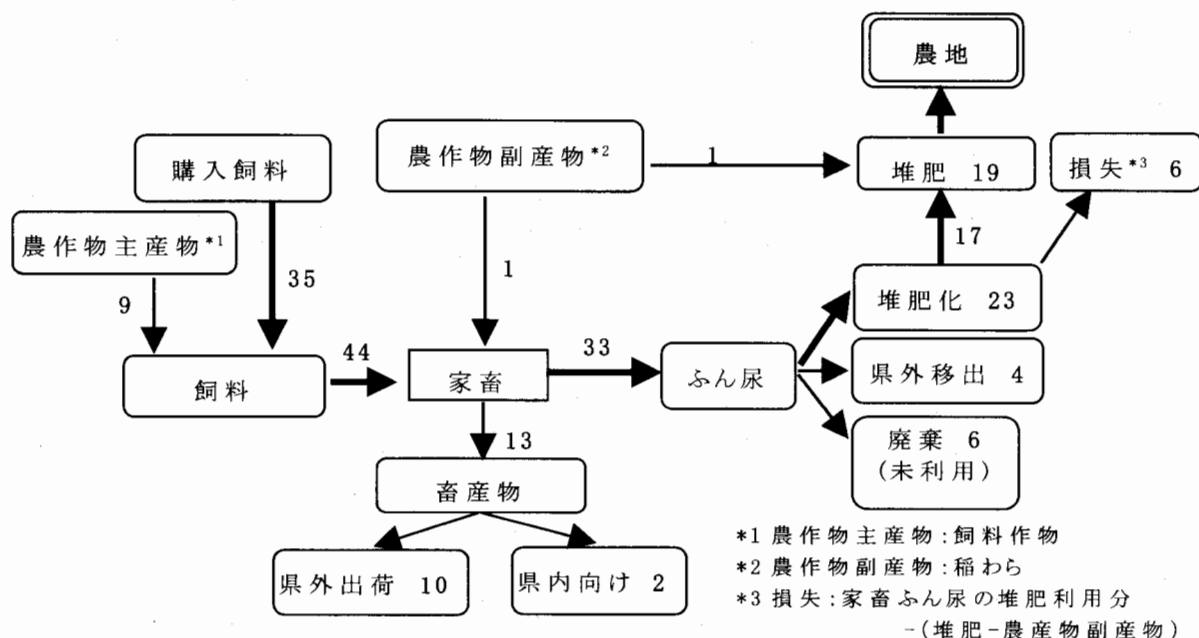


図2 岩手県の畜産における窒素フロー (単位: 1000t yr⁻¹)

*1 農作物主産物: 飼料作物
 *2 農作物副産物: 稲わら
 *3 損失: 家畜ふん尿の堆肥利用分
 - (堆肥 - 農産物副産物)

表6 人の食生活に関する窒素フローの推定結果

項目	窒素量			項目	窒素量	
	t/y	kg/ha/yr			t/yr	kg/ha/yr
蓄積	1,770	11				
→ し尿	4,652	28	→	農地投入	-	-
→ 食品残渣(個人)	1,950	12	→	農地投入	239	1
			→	廃棄・焼却	1,711	10
人間				→ 農地投入	-	-
→ 食品残渣(事業所)	1,270	8	→	焼却	1,270	8
			→	県外処理	-	-
← 家畜(摂取量)	1,060	6	←	県内流通	2,228	14
			←	県外入荷	2,297	14
← 農産物主産物(摂取量)	1,438	9	←	県内流通	1,363	8
			←	県外入荷	1,983	12

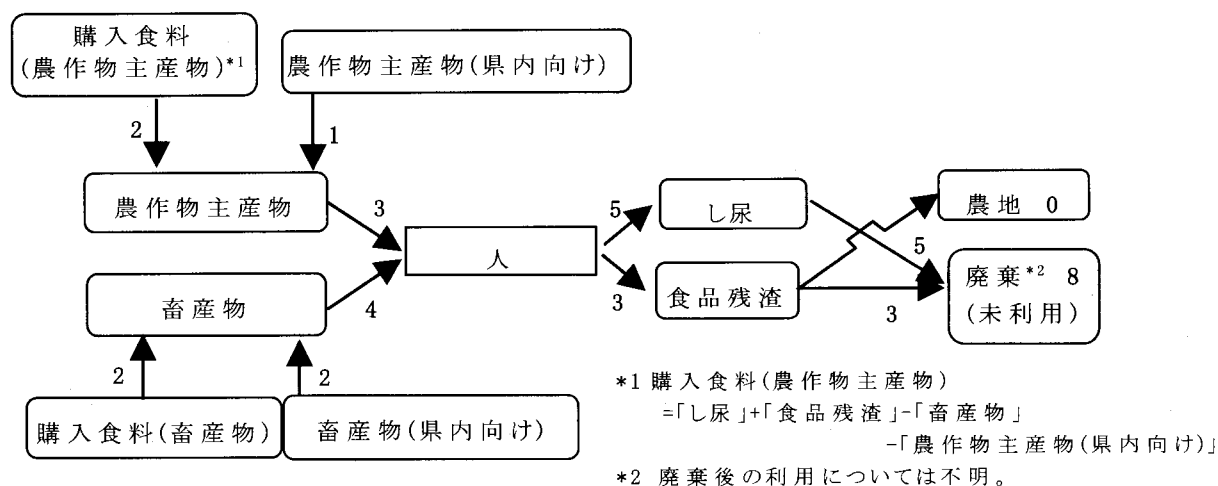


図3 岩手家の食生活における窒素フロー (単位：1000t yr⁻¹)

4. 岩手県全体の窒素収支

岩手県と県外との窒素フロー図を図4のとおり作成した。岩手県外から移入した窒素58千t/年は、再び県外出荷農畜産物などとして31千t/年(53%)県外へ移出されていた。県内循環(摂食・排出・再利用・蓄積)している27千t/年(47%)のうち、約半分の16千t/年が未利用(農作物副産物、家畜ふん尿と食物残渣の廃棄している窒素量とし尿の窒素量)であった。

考 察

1. 岩手県における窒素の移入

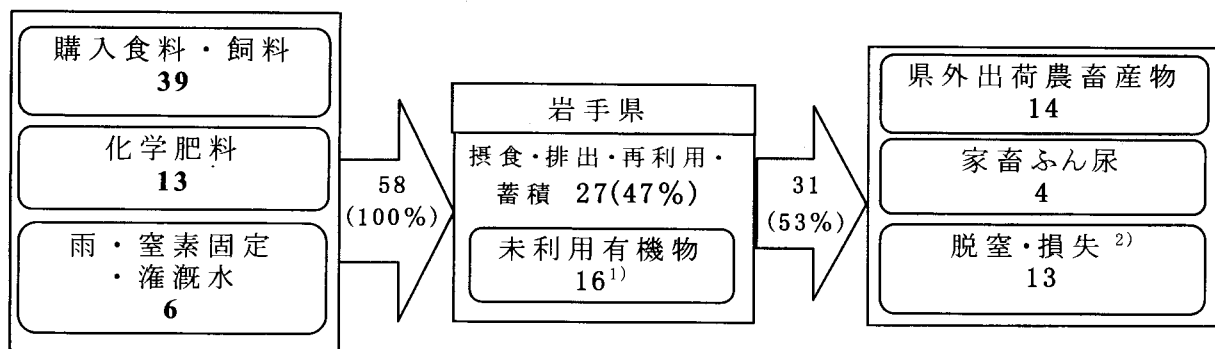
岩手県に移入する窒素は購入食料及購入飼料が大部分を占めていた。その中でも濃厚飼料の占める割合が非常に大きかった(図4)。これは、県外からの濃厚飼料に頼った畜産が岩手県では営まれているためと考えられる。しかし、窒素収支の観点からは、地域内で生産した飼料を用いることがより望ましいことから、今後は飼料の生

産及び利用のあり方について考慮する必要があると考えられる。

一方、農作物による県内への移入窒素量は飼料に比べて極めて少ない結果となった。これは、農作物の大部分を水分が占めており、窒素の割合が少ないことも理由の1つと考えられた。(図4)

2. 農地における窒素収支と環境容量

農地へ投入される窒素は化学肥料及び堆肥によるものが最も多く、特に化学肥料は県外移入によるものが主であった。一方で、農地からの排出は作物吸収によるものが主であり、飼料作物が大きな部分を占めていた。農地表層(平均14.9cm)の窒素収支を農地面積当りで考えると、72kg/ha/年が余剰窒素と推定された(図2)。適正な窒素循環で生じる農地の余剰窒素量がどの程度になるかは、今後の研究が待たれるところであるが、OECDでは地域における硝酸塩のリスク指標(PNC)を提案している⁹⁾。その指標は以下の式(式5)で表される。



- 1) 「未利用有機物」は、農作物副産物・家畜ふん尿・食物残渣の未利用分とし尿の合計。
- 2) 「損失」は家畜ふん尿から堆肥に利用する過程で消失する量。

図4 岩手県の農業分野における窒素フロー (単位: 1000t/年)

$PNC(mg/L) = PNP(mg/ha) / EW(L/ha)$ —(式5)
 PNC=potential nitrate concentration
 PNP=potential nitrate present
 EW=excess water (降水や灌水の量から蒸発散と作物吸収を引いた量)

ここで、地下水に影響を及ぼす当年の窒素残存量は、PNCを人体に影響を及ぼすとされる硝酸性窒素濃度10mg/L, EWを浸透水量と仮定すると次式(式6)となる。
 当年窒素残存量(kg/ha) $A(L/ha) \times B \times 10^{-5}(kg/L)$
 —式6

[A:水分収支(降水等による投入分-作物吸収や蒸発散による排出分), B:地下水層までの浸透率(%)]

(ただし、前提として当年に余剰した窒素は①年内に全て硝酸性窒素になり②土壌にストックされず地下水層に流出し、③次の年には持ち越されない、という理想条件を仮定した場合)

このことから、投入可能窒素量は気象(特に雨量)や土壌条件により異なることが明らかである。

いま、①降水量が地下水層まで到達する量を半分の600mm, ②余剰窒素の全量が硝酸性窒素として年内に全て地下水層へ移行、という2つの条件を仮定した場合、今回試算された農地への余剰窒素量(72kg/ha/年)から試算される地下水の窒素濃度は12mg/Lとなり環境基準値である10mg/Lを超過する可能性がある。

地下水の硝酸性窒素濃度を10mg/L内に抑えるには、余剰窒素量が60kg/ha/年以下である必要があると考えられるが、これは現状の窒素循環を維持した場合、化学肥料投入量を約15%削減することで計算上達成可能と思われる。なお、100kg/ha/年を地下水の硝酸性窒素濃度が10mg/Lを超過する臨界窒素負荷⁹⁾とした場合、岩手県で土壌に投入できる窒素の臨界窒素負荷とし

て25kg/haの余地が生じることになる。これは、乳牛から生じる家畜ふん尿に換算すると、現状の約2倍の乳牛頭数を飼育することに匹敵する。

実際には、余剰窒素が当年中に全て地下水層に移行することではなく、窒素の形態により無機化する時間も異なり、土壌中に蓄積した窒素の溶出など複雑な機構も加わるため、投入窒素量の限界値を正確に求めることは現状では困難である。今後は土中での窒素動態を含めた、より詳細なモデルが必要となる。また、地下水や河川の硝酸性及び亜硝酸性窒素の濃度と地域における窒素収支がどの程度関連するかは一部に報告^{34,44)}があるものの不明な点も多いので、更なる調査が必要である。

今回対象としたのは岩手県全県であったが、地域別、市町村別に試算する場合は主要産業の違いや生活形態の違いにより窒素収支が異なることが報告(43,50)されており、今後地域別の収支把握も興味のあるところである。なお、平成11年の岩手県における農地面積あたりの窒素バランスは北海道よりは多いが、日本全体より余剰窒素

表7 各国の窒素バランス(1993~1995年)

国	窒素投入 1000トン	窒素持ち出し 1000トン	窒素 バランス 1000トン	農地面積当たりのバランス kg/ha
韓国	773	323	450	215
ノルウェー	199	124	75	75
イギリス	3041	1751	1290	76
米国	29380	20598	8782	21
日本	1253	560	693	136
北海道 ^{注2)}	238	223	14	12
岩手県 ^{注3)}	41	28	13	72

注1 各国の数値は文献55より引用

注2 文献44より引用

注3 本報告

が少なく、ノルウェーやイギリス(1993~1995)とほぼ同じである(表7)。

3. 窒素の循環利用

今回の結果より余剰窒素の少ない窒素循環を行なうには、①地産地消の促進(地域内での窒素循環量の増加)②農作物の生産量増加(移出窒素量の増加)③化学肥料の削減(移入窒素量の減少)④県内有機物による肥料代替(窒素循環量の増加と移入窒素量の減少)⑤完熟堆肥利用の促進(投入窒素量の削減)⑥農地の維持・保全(移出窒素量の増加)、等へバランス良く取り組むことが好ましいと考えられる。

この中でも①飼料や食料の地産地消の促進や③化学肥料の削減等は窒素フローの量が大きいため、岩手県では効率的な窒素循環のために重要な因子であると思われる。

未利用有機物の窒素量は97kg/ha/年に達しているため、現状で全量を農地還元することは窒素収支のバランスを取る上で困難である。未利用有機物の中でも廃棄されている家畜ふん尿(38kgN/ha)の農地への利用向上が望まれるが、これは現状の化学肥料投入量の48%に相当する。そのため、土壌からの窒素収奪を増やすことで臨界窒素負荷までの余地を大きくすることと併せて、堆肥による化学肥料代替が強く望まれる。加えて、家畜ふん尿の肥料化で県外へ移出することも考慮すべきかもしれない。

その上で、生じた臨界窒素負荷までの余地を家畜飼育頭数と未利用有機物の農地投入でバランスをとる必要がある。これは、対象地域において次の関係式で表すことができる。(式7)

「臨界窒素負荷までの余地(kgN/ha) = A × 「家畜飼育頭増加可能数」 + B × 「食品残渣の窒素量(kgN/ha)」 + C × 「農作物副産物(廃棄分)の窒素量(kgN/ha)」 + D × 「し尿の窒素量(kgN/ha)」 (A: 定数(家畜ふん尿の窒素原単位: kgN/頭数/ha), B, C, D: 農地投入率 (0.0~1.0)) 一式7

[ただし、農地への投入のみの場合]

窒素収支上からも耕種と畜産は密接な関連があり、循環型社会を想定する場合、そのバランスを考慮した経営モデルや地域モデルの構築が必要である。

以上から、窒素収支のみで環境影響を判断することは早計であると思われるが、持続型社会を構築する上で一つの判断材料とすることが可能であると思われる。

4. 今後の課題

本報告を作成するにあたり統計データ等資料が充実していないものも多く、①花き類の肥料投入量や窒素吸収に関する知見、流通量②品種ごとの窒素吸収量の差③市場外流通量④肥料や堆肥の投入量の実態、などの今回考慮しなかった項目はデータ蓄積に応じて更新していく必要がある。

また、統計データから得られた窒素収支が、実際の窒素による環境影響を表しているかを検証していく必要がある。

摘 要

窒素は農作物生産に必要な不可欠である一方で、地下水の硝酸性窒素濃度の上昇や閉鎖水域の富栄養化などの環境への負荷が問題視されてきており、適切な窒素バランスに基づいた循環社会の構築が求められている。そのためには、現状の窒素動態を把握する必要がある。

本報告では、松本等の方法を用いて岩手県の農畜産物生産及び消費に係る窒素の動きの現状を推定した結果、以下のとおりであることがわかった。

1. 岩手県外から移入した窒素58千トン、再び県外出荷農畜産物などとして31千トン(53%) 県外へ移出されている。県内循環(摂食・排出・再利用・蓄積)している27千トン(47%)のうち、16千トン(59%)が未利用である。
2. 農地への窒素のインプットは41千トン(245kg/ha/年)、アウトプットは28千トン(173kg/ha/年)である。したがって、化学肥料の他それと同量の13千トン(72kg/ha/年)が農地において蓄積または溶脱されることになる。
3. 畜産においては、購入飼料として35千トンが移入されている。家畜ふん尿は堆肥として70%が利用され、18%が廃棄または未利用である。
4. 食生活においては、約7千トンの食料が摂食され、県外からの購入食料がその57%を占める。排出される窒素は農地にあまり還元されず、循環利用はほとんど行われていない。

引用文献

- 1) 青木隆夫, “農家養豚ハンドブック”, チクサン出版, イラストで見る子豚・肥育豚の管理
- 2) 青葉高, 1975, “農業技術体系”, 社団法人農山漁村文化協会, 作物編, 第9巻, 基p35-39

- 3) 浅間和夫, 1975, “農業技術体系”, 社団法人農山漁村文化協会, 作物編, 第5巻, 第9表, 基p141-165
- 4) Iyimen-schwarz, Z, 2002, “Possibilities of implementing OECD-Agri-environmental indicators at national level” p1-15(<http://www.ariadne2002.gr/paper/2-3-com-en.pdf>)
- 5) 池羽正晴, 2001, “農業技術体系”, 社団法人農山漁村文化協会, 土壤施肥編, 第6-1巻, 第1図, 基p227-230
- 6) 稲森悠平, 2002, “環境低負荷型・資源循環型の水質改善システムに関する調査研究”, 国立環境研究所, p29
- 7) 岩手県, “農産物施肥基準”
- 8) 岩手県, 1999, “岩手農林水産統計”
- 9) 岩手県, “農産物流通動向調査”
- 10) 岩手県, 1998, 果樹指導要綱
- 11) 岩手県農業改良普及会, 1998, “いわての花と野菜”
- 12) 岩手農研セ, “主要農産物施用基準”
- 13) 岩手農研セ, 土壤機能実態モニタリング調査(平成6~10年)
- 14) 岩手県農業研究センター土壤作物栄養研究室成績書(H14: 未定稿)
- 15) 岩手県農業研究センター土壤作物栄養研究室成績書(H10~12年度)
- 16) 岩手県農林水産部流通課, 2002, “農林水産物マーケティングデータブック2002”
- 17) 岩手県農林水産部, 2000, 畜産いわて
- 18) 岩手県, 2001, 環境報告書
- 19) 岩手県, 岩手県食品リサイクル推進指針
- 20) 岩手県, 1998, 岩手の自然環境-土地利用・水利用(銀河系いわて情報スクエア, <http://www.pref.iwate.jp/~ipg/sizen/riyou.html>)
- 21) 岩手県, 1999, いわての統計情報, し尿処理の現状 (<http://www.pref.iwate.jp/~stat/>)
- 22) 岡田光弘, 1998, “家畜ふん尿処理・利用の手引き”, 畜産環境整備機構, p10
- 23) 大山卓爾, 2000, “農業技術体系”, 農山漁村文化協会, 作物編 第6巻 ダイズ, 技p11~28
- 24) 小川勉, 1988, “農業技術体系”, 社団法人農山漁村文化協会, 野菜編, 第9巻, 基p127-154
- 25) 香川芳子, 2001, “五訂食品成分表”, 科学技術省資源調査会, 女子栄養大学出版
- 26) 加賀屋博行, 1999, “農業技術体系”, 社団法人農山漁村文化協会, 作物編, 第8-1巻, 基p239-241
- 27) 金田, 秋田県立大, 土壤肥料学会東北支部会発表要旨
- 28) 亀岡正夫等, 基礎家畜飼育学, 養賢堂, p199
- 29) 川城英夫, 1996, “農業技術体系”, 社団法人農山漁村文化協会, 作物編, 第9巻, 基p101-124
- 30) 旧岩手県農業試験場, 1978, 地力保全基本調査総合成績書
- 31) 旧岩手県農業試験場試験成績書(S63)
- 32) 久馬一剛等, “土壤の辞典”, 朝倉出版, p504
- 33) 経済連に販売実績(平成11年)を聞き取り
- 34) 久保田富次郎等, 2002, 第6回水資源に関するシンポジウム論文集, 177-182
- 35) 小堤恭平, 1992, “農業技術体系”, 社団法人農山漁村文化協会, 畜産編, 第3巻, 基p209-216
- 36) 桜井弘, “元素111の新知識”, 講談社ブルーバックス
- 37) 沢口正利, 1986, “農業技術体系”, 農山漁村文化協会, 作物編 第6巻 アズキ, 技p13~20
- 38) 沢口正利, 1986, “農業技術体系”, 社団法人農山漁村文化協会, 作物編, 第6巻, 技p37-41
- 39) 水質環境学委員会, “地域環境工学シリーズ4”, 清らかな水のためのサイエンス, 社団法人農業土木会, p94-95
- 40) 関谷信一郎, 1975, “農業技術体系”, 農山漁村文化協会, 土壤施肥編, 第1巻, 土壤と根圏V, p1~12
- 41) 総務省統計局, 国勢調査
- 42) 高橋正樹等, 2003, “岩手県農業研究センター研究報告”, 第3号, p57-74
- 43) 中央畜産会, 1995, “日本標準飼料成分表”, 独立行政法人農業技術研究機構, 中央畜産会
- 44) 波多野隆介, 2002, 農業及び園芸, 77(12), p51-57
- 45) 林英明, 1985, “農業技術体系”, 社団法人農山漁村文化協会, 土壤施肥編, 第6-1巻, 技p301-304
- 46) 原田靖生, 1997, 家畜糞尿の特性と処理利用の基礎知識 (<http://group.lin.go.jp/leio/data01/data05/data05b.html>)
- 47) 原田靖生, 1993, “農業技術体系”, 畜産編 第8巻 環境対策, p119-125
- 48) 藤原俊六郎, 2002, 農林水産技術研究ジャーナル, 25, 3, p24-29
- 49) 本田宏一, 1985, “農業技術体系”, 社団法人農山漁村文化協会, 土壤施肥編, 第6-1巻, 技p290-295
- 50) 松崎敏英, “土と堆肥と有機物”, 家の光協会

- 51) 松本成夫, 2002, 農業環境技術研究所報告, 18, p81-152
- 52) 水落勁美, 1984, “農業技術体系”, 社団法人農山漁村文化協会, 作物編, 第4巻, 技p139-146
- 53) 7都県市廃棄物問題検討委員会, 2000, “生ごみ等の処理及び有効利用に関する調査報告書” (<http://www.8tokenshi.jp/data/index.html>)
- 54) 西尾隆, 2001, “農業技術体系”, 農山漁村文化協会, 土壌施肥編, 第3巻, 土壌の性質と活用VI, 40-2~40-6
- 55) 日本農業研究所, 1998, “日本農業研究所講演会資料”
- 56) 農林省公害研究会, 1970, 農業用水(水稲)水質基準
- 57) 農林水産省統計情報部, 1999, “畜産物生産費”, 農林水産省統計情報部, 農林統計協会
- 58) 山崎浩司, 1998, “農業技術体系”, 社団法人農山漁村文化協会, 野菜編, 第1巻, 第1表, 基p345-348
- 59) レインボープラン推進室, 2000, “山形県長井市のレインボープランの取り組み状況”
- 60) 山室成一, 1991, 水田における窒素の無機化と有機化, 脱窒, 吸収の動態に関する 15N トレーサー法の理論的アプローチと水稲窒素吸収量予測, 九州農試報, 27, 1-64.
- 61) 有機質資源化推進会議, 1997, “有機物資源化大辞典”, 有機質資源化推進会議, 農文協, p319