



Title	耕畜連携営農集団の窒素循環と持続性に関する一考察
Author(s)	佐藤, 寿樹
Relation	『中山間地域の発展戦略 / 四方康行編著』 ISBN: 9784541035516 pp. 175-191
Issue Date	2008-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/44283
Type	book part
File Information	norintokei.pdf



第10章 耕畜連携営農集団の窒素循環と持続性に関する一考察

佐藤 寿樹

1 はじめに

日本の農業とは、水田農業・稲作農業が主であって、第二次世界大戦前はたかだか十数羽前後の中小家畜が水稲作部門と結びついた稲作経営が一般的形態であった。その後、1961年の農業基本法農政に基づいた成長部門としての酪農の推進により、大家畜とりわけ乳用牛が本格的に導入されるようになった。しかし、その畜産経営は飼料基盤である土地の面積拡大をとまなわない、飼養頭数増大だけに偏った経営規模拡大を追い求めてきたものであった。このころから有畜複合農業が衰退し始め、必然的に飼料を輸入に頼る畜産構造が出現したことにより、畜産の糞尿処理などの環境問題が表面化し、環境負荷対策が検討されてきたところである。そこで、1999年に施行された「食料・農業・農村基本法」は、従来の農業基本法に対して、営農集団・法人化や循環型農業に重点を置き、環境に配慮した政策を掲げている。

このような、農業の環境負荷に対する関心の高まりは見えてきているものの、その根本的な環境負荷解決への研究アプローチは不十分と考えられる。その一つに、農業経営体における物質循環分析の不足が挙げられる。そもそも、農業の3大栄養素などの物質循環の研究は、ヨーロッパにおける環境負荷への関心を契機に、行われてきた(田端・広岡〔20〕)。しかし、その分析の多くは実験農場であった。また、日本における物質循環研究も盛んに行われるようになってきているが、そのほとんどが大学附属農場もしくは北海道大規模酪農におけるそれであり、小規模な農業経営体での分析はほとんど見られなかった。また、新基本法での日本の農政は、営農集団化や法人化を進める方向にあるが、その営農集団の物質循環の解析はほぼ皆無に等しい。

そこで本章では、中山間地域発展に向けた新たな視角として、耕畜連携営農集団の物質循環を観点とした持続性について検討することを目的とし、次のように論を進める。まず、有畜複合農業と営農集団を対象とし、農政からみたそれぞれの展開を整理する。また、農業基本法農政を背景にもたらされた農業の環境負荷について、水稻栽培の投入エネルギーと畜産の窒素負荷から検討する。そして、耕畜連携営農集団の窒素循環解析に関する研究の現状から物質循環を観点とする営農集団の持続性について考察を加える。

2 有畜複合農業と営農集団の展開過程

(1) 日本の農政と有畜複合農業の展開

ここでは、日本の農政の過程から有畜複合農業の展開を整理する。

梶井 [4] は、日本農業の成長過程を、次のように4つに時期および現状に分けて把握するのが便宜だと述べている。第1期は、戦争が終わった1945年から1960年までの時期で、日本経済復興期であり農地改革を含むさまざまな改革の時期であった。第2期は、1961年から1970年で、高度経済成長の時期と一致し、農業基本法農政の推進された時期であった。第3期は、1971年から1986年までで、基本法農政が想定した条件が国内外ともに崩れた時期であった。米の過剰と生産調整時代への突入の時期であるとともに、日米貿易摩擦による国際化の荒波に日本農業が翻弄される時期であった。第4期は、1987年から1999年で、国際化農政が本格化しガット・ウルグアイ・ラウンド(1986年)による外圧が直撃した時期であった。そして、1999年に施行された「食料・農業・農村基本法」(以下、新基本法)以降が新たな時期として現在進行中である。

このような日本農業の展開のなか、有畜複合農業の観点から日本の農業をしてみる。日本の有畜農業は1928年に端を発したといわれている。そして1931年の「有畜農業奨励規則」公布から軌道にのったが、ここでの畜産は牛ではなく豚や鶏が主であった(梶井 [3], p.35)。

日本における大家畜の有畜複合農業への意図的な政策は、まず上述の第1期でみられた。第1期における農政の最大の理念は農地改革であるが、それは小

作地を開放し、自作農を徹底して現実化しようとする自作農主義であった。しかし、農家のほとんどが自作農化し経済力が高まったとしても、戦後の莫大な数にのぼる外地からの引揚げ、復員、都会からの疎開人口を農村自体に抱擁する能力には限界があった。そこで、政府は労働集約度を高めても生産性の低下することのないような経営方式を推し進める政策をとった。有畜農業の奨励がその例である（1953年有畜農業創設特別措置法）。すなわち、たとえば水田裏作に飼料を作り、サイロなどを施設して乳牛を飼育するというような、土地は休閑せずに利用するという方向の政策である。しかし、農地法（1952年）の制限による零細土地所有のもとでは、水田裏作による有畜経営は規模の大きな家畜飼育ができず、それに対する魅力は存在しなかった。したがって、大きな成果に結びつくことなく終わり、政策理念と現実との間の大きな乖離として表れた（柏・坂本 [5], pp.5-6）。

次に、耕種農業と畜産との間での物質循環を衰退させ、農業の環境負荷の根源をなした政策が第2期において見られる。第2期の大きな特徴は、高度経済成長期における農業基本法農政であった。この農業基本法の理念は、工業の所得に比べての農業所得の弱小さを是正しようという所得格差は正から出発している。その具体的目標は、①自立農家の育成、②生産の選択的拡大、③構造改善であった。要するに、日本の高度経済成長下にあつて、都市工業に劣らない農業の労働生産性を発揮しえるような政策に特化し、農業所得の高揚ということに焦点が合せられたものであった。農業基本法農政により、果樹園芸および畜産に重きをおく選択的拡大と大規模機械化農業が推進された。選択的拡大の結果、酪農において、家畜の頭数さえ増えればよいとする安易な考えが一般的となった。これにより、飼育に必要な飼料はすべて購入に頼ることとなり、トウモロコシ、マイロなどの輸入濃厚飼料に依存した畜産が栄えることとなった。また、機械化の推進はこれまでの役畜を衰退させ、肉用牛に特化した畜産へと転換し、肉用牛においても輸入濃厚飼料に依存する飼料体系となった。これは、窒素などの栄養素が海外から多量に日本の土壌や水系へ蓄積もしくは流出するということを現しており、現在の家畜排泄物による窒素負荷の元凶をここに見ることになる。

第3期、第4期では、農業国際化の荒波により日本の農業は厳しい状況におかれ、さらなる構造的な改革が迫られる。1970年代以降、農地行政は自作農の育成・擁護から借地容認へ、さらに進んで農地の賃貸借促進へと政策転換を図っていく（島本 [12], p.94）。1980年の農用地利用増進法により、行き詰まりをみせていたそれまでの大所有・大経営への経営方針は零細所有・大経営を目指す政策方針に転換した。また、このころは、米の生産調整の促進や第2種兼業農家の絶対数がピークに達した時期であった。このような背景の下、集团的土地利用論が検討され始め、「集落営農」の登場がみられた。これは、地域内の耕種農家と畜産農家とが連携して複合化のメリットを実現しようとする組織化へ発展し、地域的な有畜複合農業へ展開した。

現代においては、農業の環境負荷への理念が政策にも取り上げられるようになり、1999年に施行された新基本法では、①食料の安定的確保、②環境・多面的機能への配慮、③持続的な農業の発展を推進すること、④農村の発展の4点を明確にした。旧基本法に対して、環境面での配慮が重視されている。循環型社会形成の波に乗りながら、農業における循環型有畜複合の営農集团的経営手法が、政策として意識化されてきたところである。

（2）営農集団の展開

次に、日本の営農集団についてその展開を概観する。

高橋正郎（[18], pp.167-175）は農業生産組織の展開を考えるうえで、まず農業における経営というものを①経済収支の単位である「経済単位としての経営」の側面と②経営機能が完結する技術単位である「機能単位としての経営」の側面が統合されたものとして整理している。そして、これらの二重性を基に、戦後、個々の農家経営から生産組織や地域農業組織への移行の必然として、「機能単位としての経営」の側面が個々の農家経営に収まることができなくなったことを挙げている。その例として次のように述べている。①基幹的農業者の不足は、農作業や経営機能の一部、またはその相当部分を外部委託に出さなければならず、地域農業を単位に完結するようになった。②選択的拡大路線を走ってきた大規模畜産経営において、農家はその経営内部で処理できないような大

量の家畜糞尿に苦慮するようになり、畜産農家と耕種農家との連携システムを構築する地域農業となった。また、戦後展開した農業の組織化について、①「労働力の組織化」(1960年代)、②「資本財の組織化」(1970年代)、③「中間生産物の組織化」(1970年後半)、④「土地利用に関わる組織化」(1980年代)のように整理している。「労働力の組織化」は、共同田植、開拓地における共同農作業など一人で行うより共同での作業によって協業のメリットを実現させ、能率の向上を図ったものであった。「資本財の組織化」は、高度経済成長の影響での他産業への労働力流出から農業機械が大量に導入されたが、個々の農家の規模では大型で高価な機械を導入することができず、共同での導入を図ったものであった。「中間生産物の組織化」は、高度経済成長も終わり各種公害問題の顕現化から、稲わらと厩肥を交換するというような「地域複合」と呼ばれる中間生産物の組織的利用を図ったものであった。「土地利用に関わる組織化」は、水田の転作を契機に、転作田を1ヶ所にまとめ効果的な転作物の栽培を図るものであった。これらの展開から高橋明広([17], p.1)は、①農家を取り巻く内部・外部環境の変化にともない、さまざまな諸資源(労働力、資本、土地)を農家それぞれ単独で調達し、あるいは利用していくことが困難になったこと、②それら諸資源の多くは、その「生産要素市場」が十分に形成されていないことを理由として、「集落」を単位とした組織化を通じて「内部取引」的な関係を形成し、諸資源の効率的な利用を図ったものと集落営農の概念を整理している。

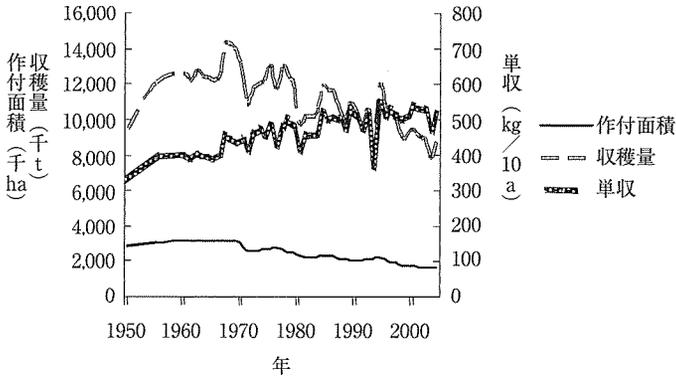
3 農業における環境負荷の現状

ここでは、農業基本法農政を背景として展開されてきた日本農業における環境負荷事例として、水稻栽培におけるエネルギー生産性の低下と畜産における土壌窒素負荷の増大の問題を整理する。

(1) 水稻栽培の成長過程と投入エネルギー

第二次世界大戦前の日本の水稻栽培は、役畜との複合的農業として粗飼料・糞尿堆肥の交換などの循環型農業を小規模に営んできた。しかし、戦後、農業

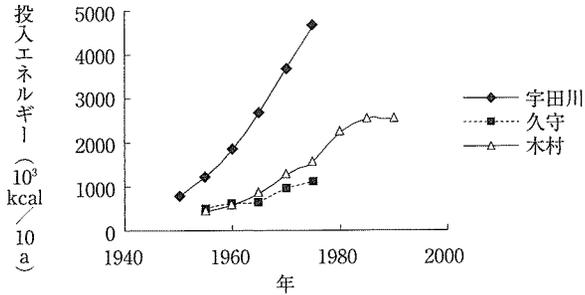
図10-1 水稻栽培の作付面積・収穫量・単収推移



資料：総理府統計局編 [13] [14]，総務省統計局編 [15] より作成。

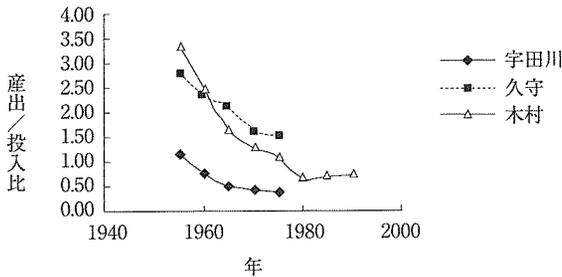
基本法の理念に基づき、構造改善による機械化や化学肥料・農薬の使用といった労働生産性の向上に主眼を置いた経営構造へと変換した。図10-1は、水稻栽培の単収、収穫量と作付面積の推移を示しているが、米の収穫量は、1960年代後半に1,400万トン台に達したのをピークに減少してきた。これは、米の消費が減り始めたことによる政府在庫米の過剰や食管政策赤字の解消のため、米の生産調整（減反）の強制が1969年から開始されたことによる。しかし、単収は堅実な右上がりの上昇を遂げてきた。これは、戦後日本の水稻栽培において化学肥料や農薬、機械化といった農業基本法農政を反映した資本集約化が推進された結果を現している。しかし、このことはエネルギー生産性の観点で見るとたいへん興味深い結果となる。佐藤 [8]，[9] は、1976年から1994年の期間に発表された先行研究から水稻栽培10a当たりの投入エネルギーについてまとめ、その産出/投入比を求めた（図10-2，図10-3）。図10-2は、各先行研究者（宇田川 [1]，久守 [7]，木村 [6]）の積み上げ法による水稻栽培の投入エネルギー分析結果である。この投入エネルギーは、水稻栽培に投入された機械、肥料、農薬、燃料、電力などの項目について、エネルギー原単位やエネルギー集中度¹⁾とその使用量や支出金額をそれぞれ掛け合わせ、算出された

図10-2 水稻栽培の投入エネルギー



資料：佐藤〔8〕より引用。

図10-3 産出投入比



資料：佐藤・藤田〔9〕より引用。

ものである。図10-2によると分析者により水稻栽培における投入エネルギーの数値に相違が見られるが、戦後、水稻栽培に投入されてきたエネルギーは、確実に増加してきたことが分かる。また図10-3から、一様に産出/投入比²⁾は低下してきたことも分かり、エネルギー生産性という観点からみると、日本の水稻栽培は著しく低下してきたといえる。

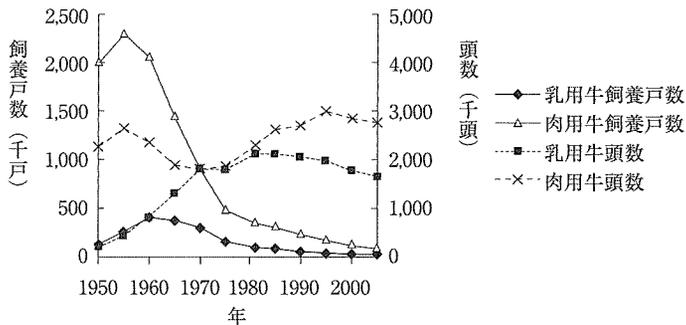
このことから、水稻栽培の単収は向上し、土地生産性という観点でみると水稻栽培は着実に成長してきたと捉えることができる反面、その成長の裏側には著しい投入エネルギーの増加が隠されていた。つまり、言い換えるとエネルギー

一の過剰な投入から発生する環境負荷（二酸化炭素の排出量増加，水質汚染の悪化など）の増大を無視した形での成長であったとすることができる。

（２）畜産の成長過程と環境負荷

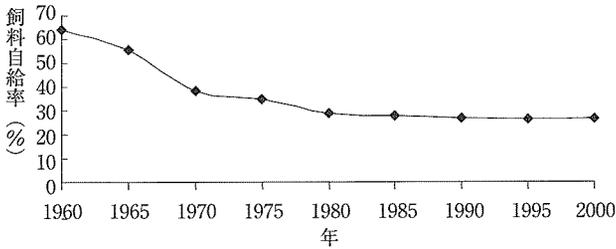
『畜産大辞典』によると日本の畜産経営の変遷は，次の３段階に区分されている（畜産大事典編集委員会 [22]）。①西洋式牧畜導入の試行段階（1868～1911），②有畜農業の成立段階（1912～1950），③畜産の本格的な発展段階（1950～）である。③の畜産の本格的な発展段階は，「農地改革」による地主的土地所有制から農民的土地所有制の移行に大きく影響された時期であった。農地改革による地主的土地所有制の解体は，土地所有制の制約なしに農業生産者の自由な意思による収益追求が可能になり，畜産もまた収益追及を目的とする商品生産部門として展開した。それまでの役畜中心の畜産から用畜主体の畜産に転換し，乳用牛が本格的に導入され，それらの頭数が急速に増加し始めた。役畜として飼養されていた和牛も肉用的な性格を強め，農業機械化の進展にともなって用畜に転換した。図10-4は1950年からの乳用牛と肉用牛の飼養戸数と頭数の推移を示しているが，乳用牛と肉用牛では，その頭数推移の動きを異にする。乳用牛は1950年以降急速に飼養頭数を増加させてきたが，1970年を境に増加のペー

図10-4 肉・乳用牛の飼養戸数と頭数推移



資料：総理府統計局編 [13] [14]，総務省統計局編 [15] より作成。

図10-5 飼料自給率推移 (TDN換算)

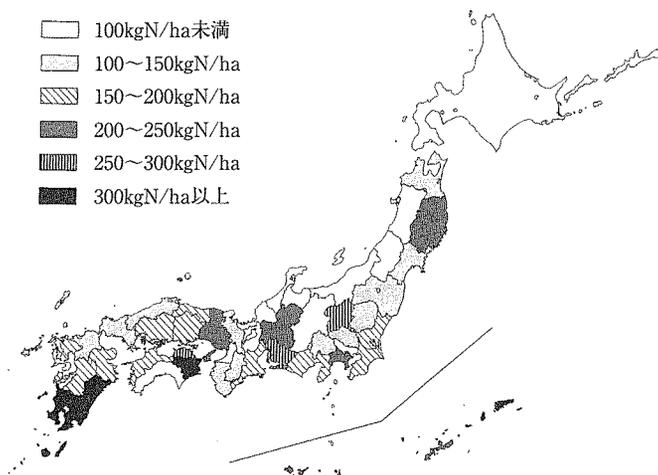


資料：農林水産省 [27] [28] より作成。

スが鈍り、1990年以降は逡減してきたことが分かる。一方、肉用牛は1955年以降1970年までの頭数減少は、役用としての地位を耕運機に取って代わられたからであって、この時期までの肉用牛はまず役用として飼われ、そのあがりか肉にされるといふ肉用牛（役肉用牛と表現された）であった。1970年以降の増加は、役用から自由になった文字通りの肉用牛としてのものであり、この時期から日本の肉用牛は耕種農業への従属的飼養から離脱した。

このように、急速に伸びた乳用牛と肉用牛の頭数は、当然に飼料の需要を増加させるのであるが、畜産経営は飼料基盤である土地の面積拡大をとまなわぬ経営規模拡大を追い求め、飼料の需要のほとんどを輸入に依存した、いわゆる「根無し酪農」へと展開した。図10-5に日本の飼料自給率（TDN（可消化養分総量）換算）の推移を示す。日本の飼料自給率は1960年から低下し続け、1960年60%程度の飼料自給率は1970年で38%、1980年以降は30%を切る値として今日まで推移してきている。いかに輸入に依存した飼料構造となってきたかをこの推移は物語っている。これらは、今日の家畜と農地の物質循環の衰退につながり、たとえば、輸入濃厚飼料の窒素が過剰に国内に蓄積し、土壌中の窒素を高めるといふような環境問題として現れている。図10-6は、家畜頭数と飼料供給量から糞尿窒素量を計算し、各都道府県での土壌中窒素負荷をシミュレーションした先行研究（築城・原田 [24]）から引用した図である。図10-6によると、群馬、愛知、香川、徳島、宮崎、鹿児島との6県で許容限界窒素量

図10-6 窒素負荷



資料：築城・原田〔24〕より引用。

250kg/ha³⁾を超え、環境負荷が危惧されている。1999年、畜産分野において「家畜排泄物管理の適正化及び促進に関する法律」が施行され、家畜排泄物の管理が厳しくなったが、実際の効果に関しては物質循環などの解析による具体的な数値結果により評価されなければならないだろう。

4 耕畜連携の窒素循環から見る農業の現状

前節において、水稻栽培と畜産における環境負荷の現状を見てきたが、戦後それぞれ単独で経営されてきた耕種農業と畜産を物質循環で結びつける耕畜連携が、このような問題を解決する手段として見直されてきている。新基本法では、農業の担い手や環境負荷対策としての循環型農業に重点をおいた政策を設定しており、営農集団や農業法人における耕畜連携に注目している。本節では先行研究における窒素循環事例解析と窒素循環モデルシミュレーション解析から耕畜連携営農集団の窒素循環の現状を概観し、持続性について考察を加える。

(1) 先行研究における窒素循環解析

現在、耕畜連携の窒素循環に関する研究は多くなってきているものの、それらの数はまだまだ少ないと考えられる。表10-1に耕畜連携の窒素循環に関する先行研究事例を示すが、ここで示した研究事例は比較的循環のフローが明確であり、その循環の定量的な数値が示されている論文を取り上げた。このように、耕畜連携の窒素循環に関する研究事例はあるものの、その多くは実験農場や大規模農場であり、日本の都府県の小規模経営体における解析はまだまだ少ない状況にある。表10-1中、大学附属農場など実験農場を対象としているのは、東京農工大学(松村ほか [32])、名古屋大学(吉田 [34])、ノルウェイ農業大学(Steinshamn et al. [16])、オランダの実験農場(Van Keulen et al. [29])である。北海道の大規模酪農を対象としている研究に松中 [30]がある。都府県の農業経営体を対象とした研究は、広島県の営農集団(佐藤ほか [10])、岩手県の酪農家(村山ほか [33])、京都府の肉牛肥育-水稻複合生産システム(田端ほか [19])がある。また、築城・原田 [23]は、統計データから都府県酪農経営における窒素循環を示した。

このように、窒素循環解析はさまざまな対象で行われてきたが、現在農業の

表10-1 先行研究事例から計算した窒素循環率と窒素効率

	農地面積 (ha)	牛飼養頭数(頭)	農地単位面積当たり 牛飼養頭数(頭/ha)	窒素循環率 Rncyc (%)	窒素効率Rn (%)
①佐藤ほか [10]	56.8	239	4.2	7.2	25.8
②松村ほか [32]	10.4	20	1.9	33.2	38.2
③吉田 [34]	18.7	40	2.1	18.0	12.8
④松中 [30]	70.0	105	1.5	36.5	25.6
⑤田端ほか [19]	5.9	10	1.7	15.5	38.7
⑥Van Keulen et al. [29]	55.0	78	1.4	58.1	39.5
⑦Steinshamn et al. [16]	27.4	22	0.8	39.6	38.3
⑧築城ほか [23]	26.3	49	1.9	39.6	28.0
⑨築城ほか [23]	3.0	23	7.7	20.3	26.5
⑩築城ほか [23]	34.0	63	1.9	38.3	30.3
⑪築城ほか [23]	3.5	26	7.4	17.6	26.6
⑫村山ほか [33]	10.4	36	3.5	9.6	22.9

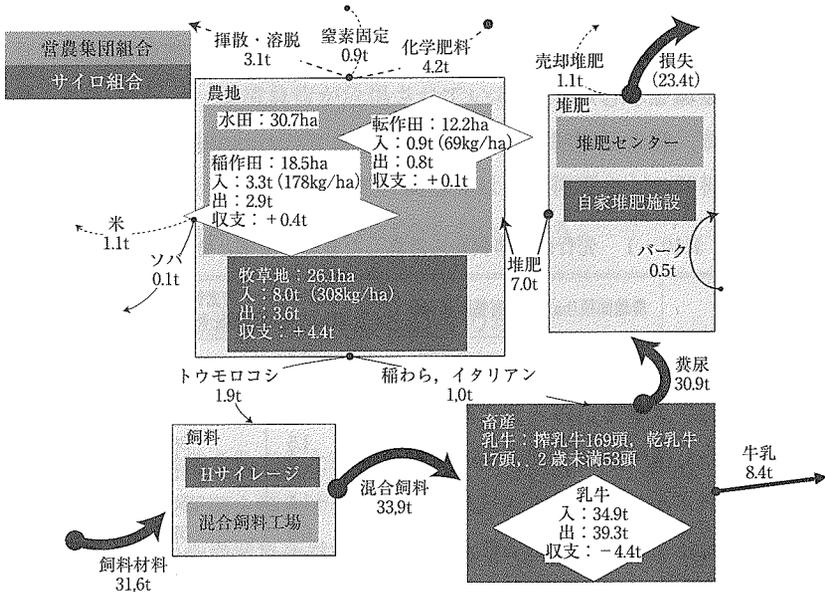
担い手として注目されている営農集団における窒素循環解析は佐藤ほか [8] によるものが唯一の事例と考えられる。

(2) 窒素循環からみる営農集団の持続性

ここでは、営農集団の窒素循環解析事例から、農業における持続性に関する考察を加えることを試みる。

佐藤ほか [10] は、中国地方の営農集団を事例に、耕畜連携における窒素循環を解析し、水稻栽培と酪農が連携した営農集団における窒素循環を数値データとして明確化した(図10-7)。この解析事例は、2006年の物質移動量のヒアリング値から窒素循環解析したものである。この解析で窒素循環率(=窒素循環量/(窒素投入量+窒素循環量))と窒素効率(=農産物としての窒素排出量/窒素投入

図10-7 窒素フロー解析事例

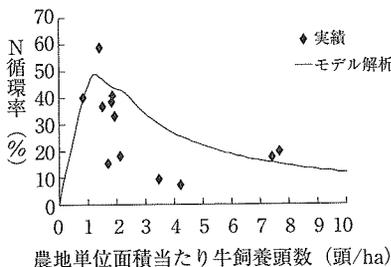


資料：佐藤ほか [10] より引用。
注：イタリアン=イタリアンライグラス。

量)を定義し、営農集団における窒素循環の特性を評価した。この結果から現状の営農集団の一事例として、窒素循環の偏りが明確化されるとともに、農地における窒素負荷の定量的な把握が可能になり、その負荷の過剰な状況が懸念された。そして、この事例における窒素循環率は7.2%、窒素効率は25.8%と示された(表10-1の④)。これらの数値は、都府県酪農を対象とした先行研究(築城・原田 [23])における窒素循環率17.6%と窒素効率26.6%(表10-1の①)と比較すると、窒素循環率の低さが明確になった。

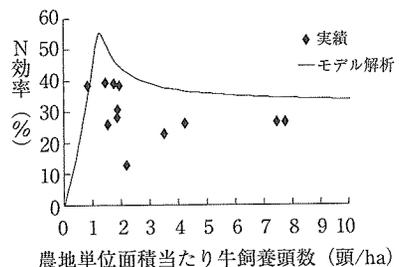
また、佐藤・藤田 [11] は、営農集団を参考にした耕畜連携における窒素循環シミュレーションモデル(コンパートメントモデル)を確立し、さまざまなパラメータの窒素循環に対する影響を分析した。図10-8と図10-9は耕畜連携営農集団モデルによる計算結果を示している。農地単位面積当たり牛飼養頭数 η (=牛飼養頭数/農地面積)に対する窒素循環率の値を図10-8に、窒素効率の値を図10-9にそれぞれ実線で示している。この計算結果から窒素循環率や窒素効率は η と明確な相関があり、 $\eta = 1 \sim 2$ 頭/haで最適な点が存在することを示した。これは、窒素の循環は、糞尿堆肥を吸収し飼料としての供給する農地の窒素変換能力と飼料を吸収し糞尿堆肥として供給する家畜の窒素変換能力のバランスが非常に重要であることを示している。また、図10-8と図10-9に表10-1の先行研究から計算される η と窒素循環率、窒素効率をプロットすると、ばらつきはあるもののシミュレーション結果である実線に比較的合う結

図10-8 窒素循環率



資料：佐藤・藤田 [11] より引用。

図10-9 窒素効率



資料：佐藤・藤田 [11] より引用。

果が示された。

これら窒素循環解析結果と窒素循環シミュレーション結果は、耕畜連携において畜産の飼養頭数に見合った農地面積のバランスが窒素の循環にいかに関重要であるかを物語っている。循環がうまく回らない耕畜連携システムでは、そのツケを自然生態系の自浄作用に頼ることとなる。戦後の日本の畜産は、農業基本法の理念に則り、飼料基盤の土地面積拡大をとまわらない飼養頭数増大だけに偏った経営を行ってきたことを1. で述べたが、このことはいかに物質循環の概念がその経営理念のなかで抜けていたのかを現している。そもそも、農業は自然生態系の物質循環バランスの上に人間が作用を加え、人間に都合の良い収穫などのアウトプットを享受してきた。自然生態系の偉大な自浄作用の許容範囲内で行われていた頃の農業では、その物質循環の低下から発生する問題は表面化に至らず、人間の生活は持続できた。しかし、自然生態系の物質循環の原理を無視し続け、その許容範囲から逸脱した農業では持続可能性は見い出されない。農業経営の経済的な観点での持続性ととともに、物質循環を観点とする持続性についても今後十分に考えていく必要がある。そのために、このような物質循環を具現化し、評価する手法や指標の確立がこれからの農業経営に重要となると考える。

5 おわりに

以上、耕畜連携営農集団の物質循環を観点とした持続性について検討してきた。農業基本法農政から現在に至る農業の発展過程において、労働生産性や土地生産性といった観点での着実な発展は認められた。しかし、その反面において自然環境への負荷を無視した経営が行われ、その結果、環境問題などが表面化してきた。今後の農業経営を考えるうえでは、この環境問題を抜きには考えられず、ゆえに物質循環の重要性はますます高くなるであろう。また、現在、農業の担い手として営農集団や法人に期待が寄せられているが、集団経営の組織的特徴の一つである「中間生産物の組織化」(高橋 [18])は物質循環を促進するものである。農業集団経営におけるこの機能を十分に意識し活かして行く

ことが今後の農業経営に重要である。

農業という産業を考える場合、生命系を扱う意味において工業などの他産業と根本的に異なり物質循環の重要性が一段と高まる。玉野井 [21] は、資本主義経済学を「狭義の経済学」と呼び、それに対し生命系をも含む新たな経済学を提唱し「広義の経済学」と呼んだ。そして、農業など第一次産業の重要性を次のように説いた。「農・林・牧畜・漁業の活動は、どれもみな“生きている”ものにかかわる人間の活動であり、そしてそれはとりも直さず人間の生命を維持・更新する産業活動にはかならない。その点で、他の産業と根本的に区別される」。つまり、生命系を扱う産業という概念が重要であり、生命系を扱う以上自然生態系の物質循環原理を農業が逸脱することは不可能と思われる。今後の農業においては、評価価値の概念を貨幣の経済性から物質循環へ少しずつソフトしていくことが、持続性という意味において必要と思われる。

注

- 1) エネルギー原単位とは、その項目の単位量 (kgやℓなど) 当たりのエネルギーをいう。エネルギー集中度とは、その項目の単位金額 (円など) 当たりのエネルギーをいう。エネルギー原単位×消費量=投入エネルギー、エネルギー集中度×消費金額=投入エネルギーとなる。
- 2) 産出エネルギーは、玄米に含まれる食料としての熱量を考えるとし、各年の水稻栽培における10 a 当たりの玄米の収穫量と玄米100g中に含まれる熱量 (356kcal/100g) を掛け合わせて算出した。この産出エネルギーと各分析者の投入エネルギーの比 (産出エネルギー/投入エネルギー) をもって、産出投入比とした。産出投入比1.0以上であれば、投入エネルギーに対して産出エネルギーが上回っていることを示す。
- 3) 松中 [31] によると、許容限界窒素量について次のように示されている。「土壌からのNO₃-Nを10mg/ℓ以下に維持することが可能なN投入量を許容限界N量とし、それが全国的に検討された。その結果、現時点での飼料作物に対する許容限界N量は、およそ200~250kg/haの範囲である。ただし、この値には法的な拘束力はない。」

引用文献

- [1] 宇田川武俊「水稻栽培における投入エネルギーの推定」『環境情報科学』5(2), 1976年, pp. 3-79
- [2] 梶井功編『畜産経営と土地利用総括編-飼料問題の展開と経営構造-』, 農山漁村文化協会, 1982年

- [3] 梶井功『畜産の展開と土地利用』（梶井功著作集第6巻），筑波書房，1988年
- [4] 梶井功『新基本法と日本農業』，家の光協会，2000年
- [5] 柏祐賢・坂本慶一編『戦後農政の再検討』，ミネルヴァ書房，1978年
- [6] 木村康二「コメ生産における化石燃料エネルギー消費分析」『農業経済研究』65(1)，1993年，pp. 46-54
- [7] 久守藤男「農業近代化とエネルギー生産性の低下」柏祐賢・坂本慶一編『戦後農政の再検討』，ミネルヴァ書房，1978年，pp.185-199
- [8] 佐藤寿樹「水稻栽培における投入エネルギー分析の現状と問題点Ⅰ－米生産費統計資料を利用した積み上げ法とLCAについて－」『広島県立大学紀要』第16巻第1号，2004年，pp.11-25
- [9] 佐藤寿樹・藤田泉「水稻栽培における直接エネルギー分析」『広島県立大学紀要』第18巻第1号，2006年，pp.61-70
- [10] 佐藤寿樹・藤田泉・宮本誠「物質循環からみる耕畜連携営農集団の持続性に関する課題－広島県庄原市一本営農集団の窒素循環事例から－」『農村研究』第104号，2007年，pp.42-53
- [11] 佐藤寿樹・藤田泉「コンパートメントモデルによる耕畜連携営農集団の窒素循環解析」『システム農学』No.24(1)，2008年，pp.1-10
- [12] 島本富夫『日本の農地－所有と制度の略史－』，全国農業会議所，2003年
- [13] 総理府統計局編『第29回日本統計年鑑1979』，日本統計協会，1979年，p.115
- [14] 総理府統計局編『第33回日本統計年鑑1983』，日本統計協会，1984年，p.164
- [15] 総務省統計局編『第56回日本統計年鑑2007』，日本統計協会，2006年，p.240
- [16] Steinshamn, H., E. Thuen, MA. Bleken, UT. Brenoe, G. Elerhult, C. Yri, "Utilization of nitrogen (N) and phosphorus (P) in an organic daily farming system in Norway" *Agriculture, Eco-system and Environment*, Vol.104, 2004, pp.509-522
- [17] 高橋明広「集落営農に関する既存の研究成果の到達点と課題」農業技術研究機構中央総合研究センター『経営体としての集落営農等組織的経営形態の実態分析調査委託事業報告書』，農業技術研究機構中央総合研究センター，2002年
- [18] 高橋正郎『地域農業の組織革新』（食料・農業問題全集④），農山漁村文化協会，1987年
- [19] 田端祐介・北川政幸・稲村達也・石田定顕・広岡博之「肉牛肥育－水稻複合生産システムにおける農家レベルの窒素利用と窒素循環」『日本畜産学会報』Vol.76, No. 3，2005年，pp.321-330
- [20] 田端祐介・広岡博之「畜産経営における物質収支の定量化とその研究事例(1)」『畜産の研究』第60号第5号，2006年，pp.539-544
- [21] 玉野井芳郎著・槌田敦・岸本重陳編『生命系の経済学に向けて』（玉野井芳郎著作集第2巻），学陽書房，1990年

- [22] 畜産大事典編集委員会『畜産大事典』, 養賢堂, 1986年
- [23] 築城幹典・原田靖生「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)窒素フローの推定」『システム農学』12(2), 1996年, pp.114-117
- [24] 築城幹典・原田靖生「家畜の排泄物推定プログラム」『システム農学』13(1), 1997年, pp.17-23
- [25] 農林水産省生産局畜産部畜産企画課編『平成18年畜産経営の動向』, 中央畜産会, 2006年
- [26] 農林水産省大臣官房統計局編『平成17年耕地および作付面積統計』, 農林統計協会, 2006年
- [27] 農林水産省畜産局流通飼料課『1985飼料便覧』, 農林統計協会, 1985年
- [28] 農林水産省生産局畜産振興課『2004流通飼料便覧』, 農林統計協会, 2005年
- [29] Van Keulen, H., HFM. Aarts, B. Habekotte, HG. van der Meer, JHJ. Spiertz " Soil-plant-animal relation in nutrient cycling: The case of daily farming system 'De Marke' European Journal of Agronomy" Vol.13, 2000, pp.245-261
- [30] 松中照夫「草地における物質移動・流出と環境汚染」日本土壤肥料学会北海道支部編『北海道農業と土壤肥料1999』, 北農会, 1999年, pp.248-251
- [31] 松中照夫『土壌学の基礎』, 農山漁村文化協会, 2003年
- [32] 松村昭治・渡部直吉・村山登「東京農工大学農学部附属農場における肥料三要素の循環と土壤肥沃度の動向」『東京農工大学農学部農場研究報告』Vol.10, 1981年, pp.1-15
- [33] 村山義幸・築城幹典・雑賀優「酪農経営における窒素循環量の定量的推定」『日本草地学会誌』Vol.48 (別), 2002年, pp.46-47
- [34] 吉田重方「名古屋大学農場における肥料養分の動態に関する調査研究」『肥料科学』Vol.6, 1983年, pp.121-153