HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	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 ： 広島県庄原市一木営農集団の窒素循環事例から
Author(s)	佐藤, 寿樹; 藤田, 泉; 宮本, 誠
Citation	農村研究, 104, 42-53
Issue Date	2007
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/44286
Type	journal article
File Information	nosonkenkyu.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

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

――広島県庄原市一木営農集団の窒素循環事例から――

佐藤寿樹*・藤田　泉**・宮本　誠**

要約：本稿は，中山間地域に位置する広島県庄原市一木（ヒトツギ）営農集団を事例として，耕畜連携を行っている営農集団の窒素循環分析を行い，その循環と環境負荷を考慮した持続的営農集団の課題について考察したものである。

今回の分析により，営農集団の窒素循環およびその課題として，以下の点が明らかになった。

① 農地と畜産間の窒素循環には，まだまだ偏りが存在し，実際に系内を循環している窒素量は系外からの投入量に対して約7.2%（N循環率）である。窒素の循環は，単位圃場面積当り牛飼養頭数に大きく依存している可能性がある。

② 系外から流入する窒素のうち，85%は購入飼料が占め，飼料の系外依存度が高い。

③ 圃場別の窒素投入量偏差が大きい。特に，牧草地の窒素投入量は308 kg/haにのぼり，許容限界窒素量を超えている可能性がある。

④ 以上の窒素循環解析を踏まえ，今後，放牧など飼料自給率の向上対策や圃場別の窒素投入量の管理対策が必要と考えられる。

キーワード：有畜複合農業，耕畜連携，営農集団，物質循環，窒素循環，中山間地域

Ⅰ．はじめに

戦後，日本の農業は，化学肥料や農薬の使用，機械化といった土地生産性や労働生産性の向上を重視した資本集約的な体系となってきた。この結果，耕地の窒素過多や過剰な化石燃料投入による二酸化炭素の排出など，環境への負荷が問題となっている。これらは，本来，自然生態系的バランスを基本とした有機的循環産業である農業の物質循環を阻害し，持続的生産体系に悪影響を与えている。

本論文は，経営体における物質循環と環境負荷の関連性を定量的に明確化することを目的とする。特に，中山間地域における稲作と畜産を組み合わせた有畜複合農業を分析対象とし，有畜複合農業における窒素循環を定量的に分析することによって，農業経営の持続型モデルを考察していこうとするものである。持続的経営体を考える上で物質循環と環境負荷は重要な一項目になると考える。つまり，循環の良好さは系内での物質利用の効率性の良さを示しており，系内の自立性という意味で持続性を表している。また，環境負荷は系内外の自然生態系循環の阻害因子となり，有機的循環産業である農業の持続性に悪影響を及ぼすからである。

農業の物質循環は，実験農場や北海道酪農などでの解析[1]は多くみられるが，中山間地域の経営体における解析はあまりみられない。今後，中山間地域の農業は経営改善の方向から法人経営や集団経営の傾向が強まり，有畜複合的経営が見直されると思われる[2]。このような傾向において，ヨーロッパで実施されている「硝酸塩指令」[3]のよ

*広島県立大学大学院
**県立広島大学

うに，農業経営に環境負荷的観点を取り込む動きが日本でも予測される[4]。この様な観点からも，農業経営体の物質循環を解析し，その循環量を具体的数値として明示することにより，環境負荷を考慮に入れた農業形態を検討する必要があると考える。

本稿では，目的の第1ステップとして，中山間地域である広島県庄原市一木（ヒトツギ）集落における営農集団（一木営農集団）の窒素循環を分析する。これまで，一木営農集団は耕畜連携の営農集団として先駆的役割を果たし，また地域営農集団としてその経営コスト・組織構造・文化，さらに伝統的地域資源管理・利用体系に至る内容で数々の分析[5]が行われその経営の優良性が示されてきた。しかし，物質循環という観点での解析はなされてこなかった。優良経営として注目されてきた一木営農集団の物質循環を解析することにより，物質循環と環境負荷を観点とする持続型営農集団モデルの課題を検討する。

Ⅱ．庄原市一木営農集団の概要

(1) 庄原市一木集落の概要

広島県庄原地域は，広島県の北東部，中国山地のほぼ中央に位置し，東西1 km, 南北35 km にわたって広がる中山間地帯である。

一木集落は庄原市街地より南方約6 km，標高290 m の丘陵地にある。年平均気温13.1℃，年間雨量1,791 mm となっている。

2006年調査による一木集落の概要を表1に示す。人口165人，総世帯数59戸に対して農家戸数は37戸である。水田30.7 ha のうち18.5 ha は水稲田であり，残りの12.2 ha は転作田として飼料作物（トウモロコシ，イタリアンライグラス）とソバを栽培している。また，牧草地を26.1 ha 有し，ここでも飼料作物とソバを栽培している。乳牛は3戸の農家で合計239頭飼育されている。その内訳は，169頭が搾乳牛，17頭が乾乳牛，53頭が2歳未満となっている。また，1戸の農家で肉牛肥育を行っている。

表1　一木集落の概要（2006年）

項目		数値
人口		165人
総世帯数		59戸
農家戸数		37戸
農地	水田	30.7 ha
	内　転作田	12.2 ha
	牧草地	26.1 ha
畜産	乳牛	239頭
	肉牛	10頭

(2) 一木営農集団の生産体系[6]

一木営農集団は，一木営農集団組合と農事組合法人庄原市酪農協業組合（通称，サイロ組合）で構成されている。一木営農集団の組織を図1に，作物の栽培体系を図2に示す。

一木営農集団組合は，農家52戸（地区内49戸，地区外3戸）が参加し1969年に設立され，稲作の集団栽培へと移行する。また，1972年に一木地区6戸と実留地区2戸の酪農家でサイロ組合を結成し，大型機械・設備の導入による飼料作物生産を行っている。現在，一木営農集団組合は集落外の農家1戸を含めた38戸の農家，サイロ組合は4戸の酪農・肉牛農家で構成されている。

一木営農集団組合では，稲作における堆肥・土壌改良剤散布，耕起，代かき，田植え，病害虫防除，収穫，稲わら収納などの作業を受託している。一方，構成農家は畦畔草刈，除草剤散布，水管理，追肥，排水などの肥培管理作業を行う。また，サイロ組合では，牧草地と転作田で，トウモロコシおよびイタリアンライグラスなど飼料作物の作付けを行っており，耕起，播種，除草，刈り取り，サイロ詰めなどを共同作業している。乳牛等の飼養管理は個別農家で行う。

一木集落では，1970年ごろから耕畜連携による農業生産を積極的に行ってきた（図3）。一木営農集団組合では，稲わら部会を設け，稲の収穫後，稲わらの収集を行い，酪農家へ粗飼料として供給している。このような，稲わら収集から粗飼料化への体系を整えている点は，一木営農集団の特長ともいえる。また，サイロ組合では転作田，牧草地での飼料作物生産を行い，飼料の集落内自給率

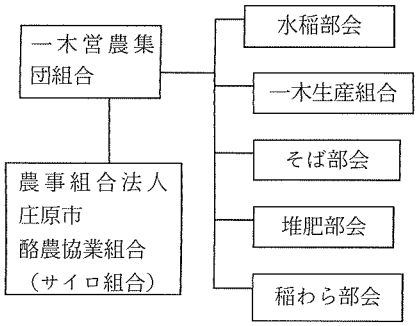
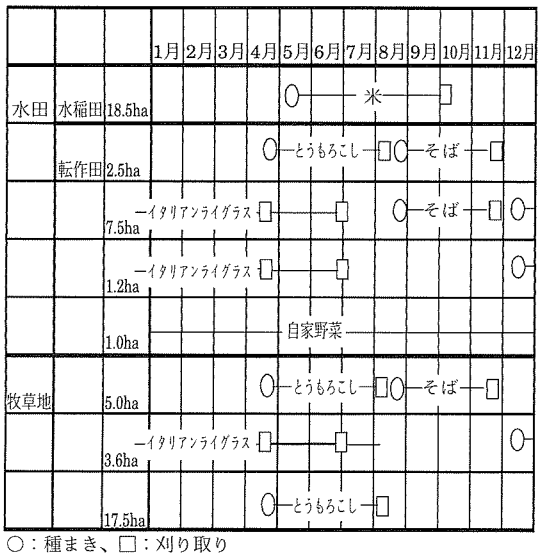


図 1　一木営農集団組織図



○：種まき、□：刈り取り

図 2　作物栽培体系

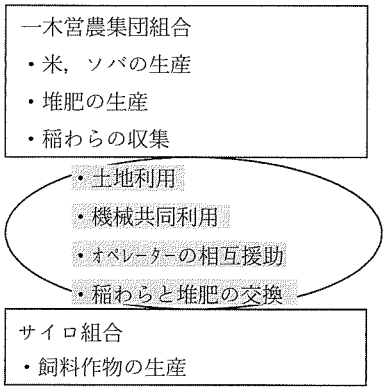


図 3　一木営農集団での耕畜連携

の向上に努力している。また，1993年に建設した堆肥センターで酪農家からでる牛糞を堆肥化し，水田への散布および地域外への販売を行っている。そして，耕畜連携体系での機械の共同利用やオペレーターの相互援助により，機械効率と作業効率を高めてきた。

このように，一木営農集団では耕畜連携の集団経営による機械や作業の効率向上と飼料自給率の向上に努めてきたが，このような体系をスムーズに運営する要素として，経済性の追求と共に人間関係の重要性を理念に掲げている。元一木営農集団組合長の藤光は，営農集団としての永続性を考え，次のように述べている。「経済合理主義を追求しながら人間関係を深めることが営農集団組合の目的であり，また，このことが村づくりの原動力にもなっている。農村は生産の場であり，同時に，生活の場でもあり，私達は理想郷として『信頼と安らぎの郷』を追求している」（藤光，1991：40）。また，安藤は地域営農集団を次のように述べ，人間関係を主体とする組織構造の重要性を説いている。「人間関係は兼業化過程で崩れつつある農村社会の相互扶助関係を強化するとともに，連帯感等の社会的誘因を提供することによって経済的配分に関わる不公平を緩和することができるし，さらにはコミュニケーションのインフォーマルな手段として，構成員間の意思疎通を円滑にして組織活動の効率化に役立つのである」（安藤，1991：21-22），「地域営農集団とは，農業生産組織の一形態であり，地域ぐるみの農家の合意をもとに，機械・施設の共同利用や土地利用の組織化を通じて，個別農家では達成できない生産力を実現しようとする経済組織である」（安藤，1996：1）。

(3)　一木営農集団における稲作コスト

一木営農集団では，集団経営による効率化を図り，経済的経営努力を図ってきた。その1つを水稲栽培の生産コストで見ておく。図4は2004年度の一木営農集団組合の10a当たり水稲栽培コストおよび都府県，中国地方，広島県それぞれの平均値を示している。表2は，その各項目別詳細データを示している。

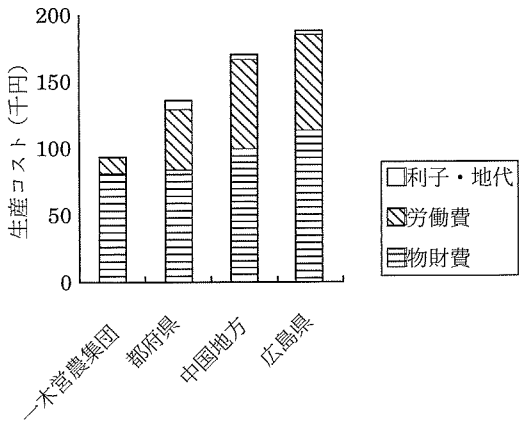


図 4　2004 年度水稲栽培の生産コスト

表 2　水稲栽培の生産コスト詳細（円/10 a）

（2004 年度）

	一木集落	都府県平均	中国地方平均	広島県平均
種苗費	10,710	4,029	5,000	3,990
肥料費	13,317	7,827	9,362	10,864
農業薬剤費	9,065	7,398	10,403	11,240
光熱動力費	1,241	3,141	3,811	4,523
その他諸材料費	495	1,984	2,616	2,882
土地改良・水利費	4,513	5,989	3,529	4,165
賃借及び料金	15,783	13,828	13,792	11,536
物件税・諸負担	189	2,633	2,622	2,554
建物費	214	5,063	6,602	9,040
農機具費	17,859 (*)	26,440	37,955	47,229
生産管理費	1,988	289	274	505
労働費	11,817 (**)	46,678	64,685	70,825
支払い利子	0	374	467	68
地代	47	4,487	2,668	1,494
合計	87,237	130,160	163,786	180,915

（出所）一木営農集団のデータは，「H 16 年度一木営農集団組合決済書」より作成。都府県，中国地方，広島県のデータは，『平成 16 年産米及び麦類の生産費』（2006）より作成。

（注）*印の償却費は，補助金分など圧縮計算されている。

**印の数値には，「一木営農集団組合決済書」の数値に加え，個別農家の労働分として 5 hr/10 a, 1,000 円/hr を加えた。

図 4 より，一木営農集団の水稲栽培コストは，大幅に低減されていることが分かる。物財費と労働費はそれぞれ，広島県平均の約 3 割減，約 8 割減となっている。表 2 を見ると，特に農機具費の削減が顕著であり，集団経営における機械共同利用の効果が発揮されていると考えられる。ただし，一木営農集団の農機具費は，補助金などによる圧縮分が考慮されていない点，若干少なめなデータとして表れていると考えられる。この点を考慮しても，その生産コストは，都府県 15 ha 以上規模の生産コスト 92,106 円/10 a（2004 年）とほぼ同等もしくはそれ以上と考えられ[7]，営農集団化による効率化で良好なコスト削減が実現しているといえる。

Ⅲ．窒素循環解析

(1) 物質移動量

図 5 に一木営農集団内の年間物質フローを示す。ここでのデータは，2006 年 2～8 月に実施した一木営農集団へのヒアリングによる現物移動量を示している。ただし，畜産の糞尿排泄量は，ヒアリングによるデータ入手が困難なため窒素循環解析に使用した資源循環解析ツール内データベースの数値[8]を採用し，年間 1 頭当り搾乳牛は約 20 t，乾乳牛は約 10 t，2 歳未満は約 10 t の現物重量とした。

まず，農地における移動物をみてみる。一木営農集団では，系外への主な生産物として米，ソバが挙げられる。米，ソバはそれぞれ 10 a 当り約 540 kg と約 40 kg の収穫量があり，年間 99.9 t と 6.0 t の量が系外へ移動している。系内への生産物は，飼料作物のトウモロコシ，イタリアンライグラス，稲わらがある。トウモロコシは年間 695 t の収穫量を一木サイレージへ送り，混合飼料工場で系外からの購入飼料材料と混合したのち，畜産へ移動する。イタリアンライグラスと稲わらは，ヘイレージとしてそれぞれ，年間 88 t, 108 t の量が直接畜産へ移動する。また，肥料は化学肥料が系外から水稲栽培へ 5.6 t，トウモロコシ栽培へ 25.0 t の計 30.6 t 投入され，有機堆肥が系内の堆肥施設から水稲栽培へ 278 t，トウモロコシ栽培へ 1,250 t，イタリアンライグラス栽培へ 108 t の年間量が供給される。次に，畜産における物質移動をみてみる。まず，169 頭の搾乳牛から年間 1,513 t の牛乳が系外へ移動する。系内の物質移動としては，混合飼料工場から混合飼料 2,159 t と農地か

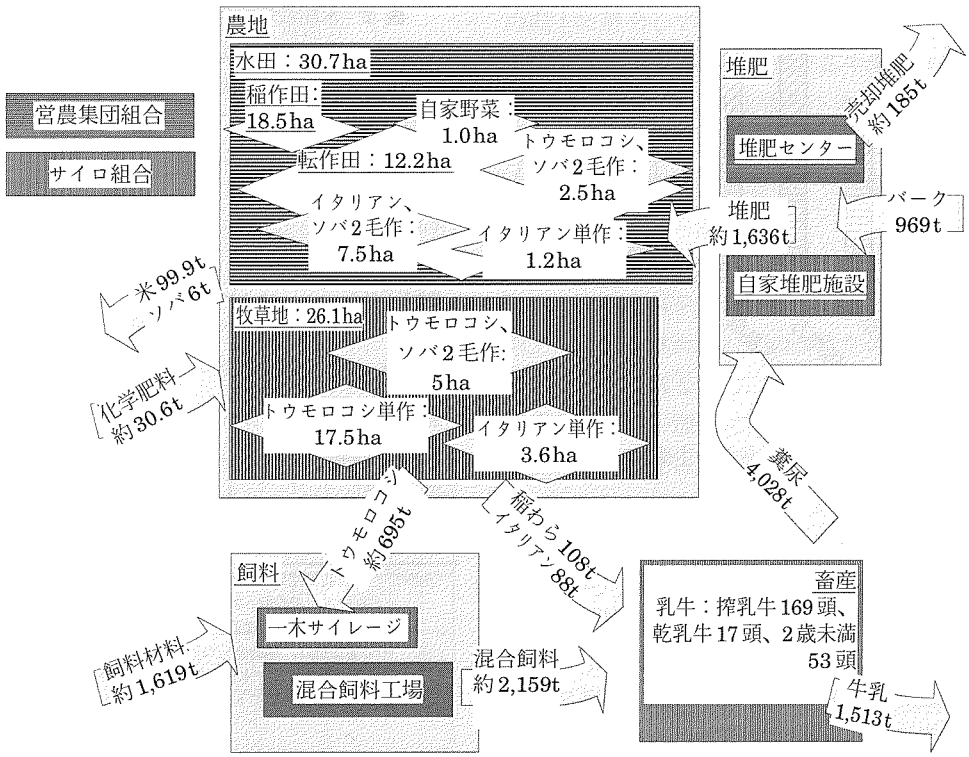


図5　物質フロー（2006年度）

（注）イタリアン＝イタリアンライグラス

らイタリアンライグラス88t，稲わら108tの計2,355tが飼料として供給される。そして，4,028tの糞尿が排出され，堆肥施設へ送られる。その他，堆肥施設からは年間185tの売却堆肥が系外へ移動している。尚，一木営農集団では10頭の肉牛を飼養しているが，頭数が少ないため本解析では計算対象から外している。

図5は，一木営農集団における耕畜連携システムが積極的に行われていることをよく示している。つまり，農地と畜産の間で，飼料作物と堆肥を介した，物質循環が積極的に行われている。飼料作物としては，トウモロコシとイタリアンライグラスが主であるが，特に，すべての稲わらを粗飼料として畜産に供給している体系は，他の営農集団であまりみられない。

(2)　窒素循環

図6に一木営農集団における窒素フローを示す。図6では，窒素の移動方向を矢印で示すと共に，その量を矢印の太さで示している。窒素フローの計算は，図5の物質移動量を基に，資源循環解析ツール[8]を利用して計算した。この解析ツールは，松本の論文（松本，2000）を基に作成されており，ツール内で使用している窒素率の例を表3に示す。ただし，堆肥の窒素率に関しては，実サンプルから測定したデータを採用している。また，畜産における2歳未満の育成牛に関し，飼料と糞尿の窒素移動は考慮するが，増体重分の窒素蓄積は解析の上で考慮していない。

図6の計算結果において，その計算精度に不確実性を内包している項目が，堆肥施設における「損失」の項目である。この「損失」項目の中には揮散も含まれるが，糞尿の堆肥化工程における窒素揮散率の数値は，糞の成分組成，堆肥化方式，処理期間，気候などにより大きく変動するため，

確実性のあるデータがあまりない。資料（安田他, 2001：81）によると，「窒素については畜舎内での滞留中や堆肥化・ばっ気の処理過程において，かなりの部分がアンモニアガスとして揮散するであろう。堆肥化過程での窒素の揮散率は，ふんの成分組成，堆肥化方式，処理期間，気候によって変動するが，牛ふんで24%，豚ふんで35%，鶏ふんで62～77%程度と見積もられている」と示されている。今回の解析における「損失」の項目には，「堆肥」と「売却堆肥」項目の窒素量以外の残りの不確定要素量を入れ込んでおり，堆肥枠内に流入する窒素に対して約75%もの高い値となった。この項目には，自家堆肥施設における溶脱のような現象も含むと考えられる。

図6のように，窒素の循環で営農集団の物質循環を見た場合，循環量の不均一性が顕著になる。つまり，農地と畜産の間における窒素移動量に非常に大きな偏りがあることが分かる。矢印の太さから明示されるように，混合飼料や糞尿の窒素移動量に比べて，堆肥による農地への窒素還元量や飼料作物による畜産への窒素還元量は著しく少なくなる。系外から営農集団へ流入する全窒素量は，約37t/年（飼料材料31.6t＋化学肥料4.2t＋窒素固定0.9t＋バーク0.5t）であるが，系内を循環する窒素量は，農地から飼料として還元される2.9t（トウモロコシ1.9t, 稲わら・イタリアン1.0t）のみとなり，その割合（窒素循環率＝窒素循環量/(窒素投入量＋窒素循環量)）は7.2%程度である。窒素からみ

表3　窒素率

項目	窒素率（%）	データ出所
米	1.14	ツール内データ
そば	1.92	ツール内データ
牛乳	0.55	ツール内データ
トウモロコシ	0.28	ツール内データ
イタリアンライグラス	0.35	ツール内データ
糞	0.59	ツール内データ
堆肥（自家堆肥施設）	0.40	実測値
堆肥（堆肥センター）	0.57	実測値

（注）窒素率は，現物重量に対する%を示す

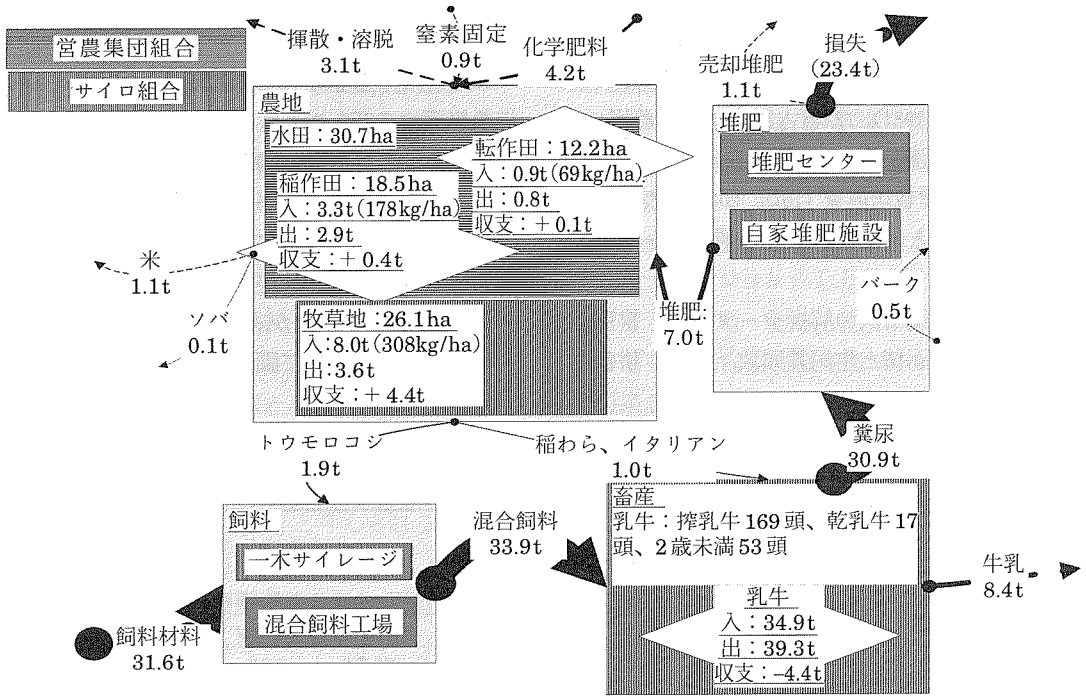


図6　窒素フロー（2006年度）

（注）イタリアン＝イタリアンライグラス

ると一木営農集団の循環は大きいとはいえない。また，系外から流入する窒素量の内，飼料材料（31.6 t）がその85%を占めており，非常に大きな要素であることが分かる。耕畜連携により自給飼料化を積極的に進めている一木営農集団であるが，飼料として還元化されている窒素量はトウモロコシ，イタリアンライグラス，稲わらを合計して2.9 t/年程度しかなく，全飼料窒素量の8.3%でしかない。これは，重量で見たときの飼料自給率約38%と大きく乖離しており，畜産におけるタンパク質成分となる窒素の系外依存度が非常に大きいことが示される。また，一木営農集団の特長的循環物である稲わらも，窒素量としては0.8 t/年程度と循環への寄与率としては少ない。

(3) 循環に関する考察

今回の窒素循環解析により，一木営農集団での窒素循環率や飼料における窒素還元率の低さが示された。先行研究事例との比較により，この結果について考察を加える。

耕畜連携の窒素循環に関する経営体での解析事例は少ない。さらに，営農集団を対象としている事例はほとんどない。よって，今回比較対象とする先行研究は次の4事例とした。①東京農工大学実験農場（松村，1981），②名古屋大学実験農場（吉田，1983），③北海道酪農（松中，1999），④京都府の肉牛肥育-水稲栽培農家（田端，2005）。表4に，これら先行研究と一木営農集団の解析データを示す。

表4は，各研究事例の解析データから，耕畜連携における圃場面積と牛飼養頭数，また，耕畜連携システムの系外から投入される窒素量（N input），系外へ出て行く窒素量（N output），そして系内で農地から畜産へ還元される窒素量を示している。系外から投入される窒素量は，化学肥料や購入飼料，窒素固定などの全窒素を示しており，系外へ出て行く窒素量は，農作物や畜産物など製品として出荷される窒素量を示している。よって，揮散，溶脱，損失などの項目はこれらに含まない。また，自給飼料として農地から畜産へ還元される窒素量（N還元量）が系内で循環する窒素量となる。そして，これらのデータから圃場単位面積当たりに換算した牛飼養頭数（単位圃場面積当り牛飼養頭数）と窒素循環率（N還元量/N input）を計算した。

表4の比較から，一木営農集団の特徴として単位圃場面積当り牛飼養頭数が多いことがあげられる。比較事例の単位圃場面積当り牛飼養頭数は1.5～2.1頭/haに対して，一木営農集団におけるそれは倍以上の4.2頭/haとなっている。また，牛飼養頭数が他の事例よりも多い分，全窒素投入量（N input）が著しく大きくなっている。次に，窒素循環率を見てみると，先行研究事例では，15～44%程度の数値が得られている。これは，一木営農集団の7.2%と比べると大変高い数値となっている。このような傾向から，単位圃場面積当り牛飼養頭数と窒素循環率との関係についてグラフ化した結果を図7に示す。図7の結果から単位圃場面積当り牛飼養頭数が大きくなると，窒素循環率が小さくなる傾向があると考えられる。つまり，耕畜連携において圃場面積が自給飼料の供給

表4 先行研究事例との比較

	圃場面積	牛頭数	単位圃場面積当り牛飼養頭数	N input	N output	N還元量	N循環率
	ha	頭	頭/ha	kg/year	kg/year	kg/year	%
一木営農集団	56.8	239	4.2	37,200	10,700	2,900	7.2
東農工大実験農場	10.4	20	1.9	2,247	859	1,119	33.2
名古屋大実験農場	18.7	40	2.1	6,550	835	1,435	18.0
北海道酪農	70.0	105	1.5	8,590	1,740	6,880	44.5
肉牛肥育-水稲農家	5.9	10	1.7	1,103	426	202	15.5

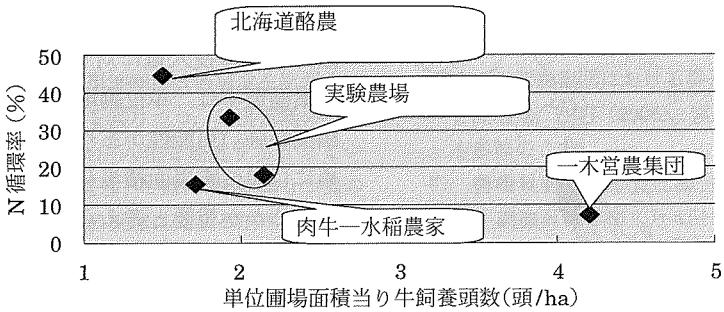


図 7　単位圃場面積当り牛飼養頭数と窒素循環率の関係

量に大きく影響を与えるのであるが，牛飼養頭数に対する圃場面積が少ない（単位圃場面積当り牛飼養頭数が多い）ということは，牛1頭に対する自給飼料供給能力が小さいことを示しており，このことが系内窒素循環率を下げる原因になっている可能性を図7は示唆している。中山間地域の営農集団による耕畜連携では，単位圃場面積当り牛飼養頭数を少なくすること（圃場面積を広げるか牛飼養頭数を削減すること）が，窒素循環を高めることにつながる可能性がある。これは，耕畜連携における土地利用体系を考える上で，今後重要な判断材料になる可能性がある。農業経営を経済的観点のみでなく，循環の観点でみたときの作物体系の工夫や放牧の利用といった圃場面積を拡大するような対策が今後持続的要素として重要となる。本稿ではこの提言を経済的観点で分析するまでには至らなかったが，持続的な経営を考える上での新たな要素を提言できたと考える。

今回の比較例は，実験農場や北海道の大規模農場，肉牛肥育-水稲栽培農家というように，経営環境（実験農場と経営体，規模の相違，肉牛肥育と乳牛）などの違いにより中山間地域の営農集団事例に対して純粋な比較が難しいものと考えられるが，1つの比較見解としての可能性は示された。今後，営農集団の解析事例を増やし，更なる普遍性を確認していかなければならないと考える。

(4)　環境負荷に関する考察

図6の窒素フロー解析から，一木営農集団における窒素過多など環境的観点を検討する。

一木営農集団の各圃場における窒素投入量を図6に示しているが，稲作田，転作田，牧草地それぞれの単位面積当たり窒素投入量にばらつきが見られる。最も多い窒素投入は牧草地の308 kg/haである。一方，転作田は69 kg/haと最も少なく，その差は約4.5倍になる。また，牧草地の308 kg/haという数値は，環境面における影響を考えると問題となる可能性がある。松中（2003：304）によると，許容限界窒素量[9]は200～250 kg/haの範囲にあるとしており，この基準を前提とすると一木営農集団の牧草地における窒素投入は，過剰であると判断される。しかし，転作田の窒素投入量と案分すれば，232 kg/ha程度に抑えることが可能であり，このような窒素投入量の調整が必要と考えられる。

図8は日本の各都道府県における窒素負荷の状況をシミュレーション[10]した結果である。この結果によると，群馬，愛知，香川，徳島，宮崎，鹿児島の各県で許容限界窒素量250 kg/haを超え，環境汚染が危惧されている。今回の分析地である広島県は窒素負荷量150～200 kg/haに分類されており，一応許容限界窒素量以下となる。しかし，今回の解析のように同じ広島県の経営体における窒素負荷を圃場別で細かく見ると，窒素負荷量が許容限界窒素量を超える結果となり，それぞれの圃場別で窒素投入バランスをとる必要があることが分かった。経営体ごとの窒素循環管理の重要性が示された。また，環境負荷的観点を農業経営へ取り込んだ先例として，ヨーロッパにおける「硝

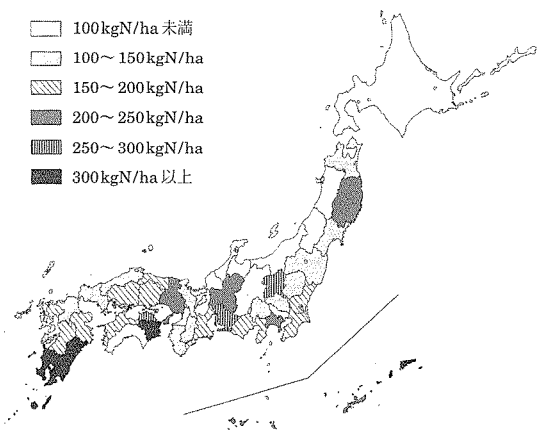


図 8　窒素負荷量
（出所）築城，原田（1997）より引用

酸塩指令」がある。これによると，農地への許容限界窒素量を170 kg/haとしており，非常に厳しい規制をかけている。ヨーロッパと日本では水系の違いがあり，日本の基準値はヨーロッパのそれよりも許容範囲が大きくなると思われるが，今後日本においても農業経営体における窒素フローの管理に重要性が増すと考えられる。

Ⅳ．ま と め

以上，一木営農集団における窒素循環解析を行い，窒素循環と環境負荷から考えられる持続的経営体の課題を検討してきた。一木営農集団は，条件不利地域である中山間地域の営農集団として，経済的，組織的，文化的側面での分析が行われ，高い評価を受けてきた。しかし今回，耕畜連携の物質循環解析の1つとして窒素循環を解析し，以下のことが明示された。

①　農地と畜産の窒素循環には，まだまだ偏りが存在し，実際に系内を循環している窒素量は，系外からの投入量に対して約7.8%である。この窒素循環率は，単位圃場面積当り牛飼養頭数との相関が強い可能性があり，窒素循環率を上げるためには単位圃場面積当り牛飼養頭数をいかに下げていくかが重要と考えられる。

②　系外から流入する窒素のうち，飼料材料が85%を占め，飼料の営農集団外への依存が大きいことが分かる。飼料の自給化を進めているものの飼料として還元できている窒素量は，全飼料の8.3%でしかない。これは，重量でみたときの飼料自給率（38%）と比べると非常に小さな値として表わされる。稲わらの粗飼料化も窒素循環での寄与度は少ない。

③　農地の窒素投入量にばらつきが見られ，牧草地と転作田で窒素投入量差が大きい。特に，牧草地の窒素投入量は308 kg/haと考えられ，許容限界窒素量（200～250 kg/ha）を超えている可能性がある。転作田との窒素投入量調整が必要である。

このように，窒素を対象として，営農集団の循環を見ることにより，循環的・環境的観点からみた持続的経営の問題点が具体的に示されたと考える。持続的営農集団の課題として，以下の点を挙げる。

（a）　営農集団での窒素循環率を上げるべく，飼料作物栽培体系の工夫や面積の増加対策，放牧の効果検討。

（b）　農地窒素投入量の圃場別管理・調整。

ただし，これらの課題に関しては，経済的影響や体制整備の問題と共に検討しなければならず，総合的な検討が必要となる。

注

1）　大学附属農場で窒素循環を解析した事例に，東京農工大学（松村，1981），名古屋大学（吉田，1983）がある。築城・原田（1996）は北海道と都府県の酪農における窒素循環を比較している。また，経営体の窒素循環解析事例として，田端ら（2005）は，京都市の肉牛肥育-水稲複合生産システムでの解析を行っている。

2）「平成18年度版食料・農業・農村白書」によると，「食料・農業・農村施策」において「集落営農の組織化・法人化等の推進」と「畜産環境対策の推進」

を掲げている。「集落営農の組織化・法人化等の推進」では，集落などが主体となって農地の利用調整を行う仕組みである農用地利用改善事業を活用して農地の面的な利用集積を図りつつ，集落営農の特定農業団体化・特定農業法人化を推進するとしている。「畜産環境対策の推進」では，「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」に基づき，家畜排せつ物の適正な管理を徹底し，堆肥化及び農地・草地への還元を基本とした有効利用を促進するとしている。また，耕畜連携の強化による稲わらの流通・利用の推進も示されている。

3) ヨーロッパの「硝酸塩指令」について次のように述べられている。「わが国にくらべて降水量が少なく，飲料水の地下水依存度が高いヨーロッパ連合（EU）各国では，農業に由来する地下水汚染は深刻な問題である。このため農業に対する環境規制も厳しい。それを反映して閣僚理事会は，1991年12月に「硝酸塩指令」を決定し，農地への許容限界N量を段階的に減少させることを加盟国に遵守するように命じた。それによれば，許容限界N量を1998年12月までに210 kg/haとし，2002年12月には170 kg/haまで減少させた。」（松中，2003：304）

4) 「平成18年度版食料・農業・農村白書」によると，「食料・農業・農村施策」において「環境規範の実践と先進的取組への支援」を掲げている。この中で，環境保全のため農業者が最低限取り組むべき「農業環境規範」の普及・定着を推進するとしている。しかし，農林水産省が平成17年3月に公表した「農業環境規範」の点検シートは，規範の具体的な数値目標に至っていないのが現状である。

5) 一木営農集団の経営コスト，組織構造などに関する論文として，藤光（1991），高橋（1993），高橋（1996），安藤（1996）がある。文化に関しては小野（1989）が取り上げており，一木集落の宗教，神社信仰と同質集団意識の関係性を述べている。また，伝統的地域資源管理・利用体系に関する著書として，永田・岩谷（1989）があり，そのp. 163「地域資源の管理・利用体系の再構築に向けて」で一木営農集団を取り上げている。

6) 一木営農集団における耕畜連携の物質交換方法など詳細は，四方（2006），宮本（1993），宮本（2002）を参照のこと。

7) 農機具費の償却費圧縮分を3割程度と仮定すると，農機具費は約2万5,513円，コスト合計は9万4,891円となる。

8) 資源循環解析ツールは，農林水産省農林水産技術会議事務局農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」で開発した「バイオマス資源循環利用診断モデル」Ver.2.0を利用した。畜産の糞尿排泄量のデータは，「バイオマス資源循環利用診断モデル」内データベースの数値を採用しており，このデータベースは畜産草地研究所により『日本飼養標準』を基に計算されたものである。詳細を表5に示す。

表5　畜産糞尿排泄量

	糞 (ton)	尿 (ton)	敷き料 (ton)	合計 (ton)
搾乳牛	12.88	5.80	0.99	19.67
乾乳牛	7.30	2.15	0.99	10.44
2歳未満	6.53	2.40	0.99	9.92

（出所）農林水産省農林水産技術会議事務局「バイオマス資源循環利用診断モデル」Ver. 2.0（2006）

9) 資料（松中，2003：304）には許容限界窒素量について以下のように記述している。「土壌からのNO_3-Nを10 mg/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200～250 kg/haの範囲である。ただし，この値には法的な拘束力はない。」

10) 築城・原田（1997）は，家畜排泄物量の推定プログラムを開発した。図8は，そのプログラムにより算出された家畜排泄物量原単位を基に，各都道府県の畜種別飼養頭羽数と農地面積から計算されている。

引用・参照文献

安藤益夫（1991）「地域型生産組織における人間関係の意義」『農業経営研究』日本農業経営学会，第29巻第2号，13-22。
安藤益夫（1996）『地域営農集団の新たな展開―生産を超えて―』，農林統計協会。
小野誠志（1989）『農業生産組織と地域農政』，明文書房。
四方康行（2006）「耕畜連携による地域資源の循環利用と環境保全」畜産経営経済研究会編『資源循環型畜産の展開条件』，農林統計協会，125-142。
高橋明広（1993）「中山間地域における営農集団法人化の課題と方向」『中国農試農業経営研究資料』第115号，26-37。

高橋明広（1996）「環境変化に対応した集落営農の組織再編方策に関する一考察―兼業・高齢化地域の集落営農を対象に―」『農業経営研究』日本農業経営学会，第34巻第2号，41-51。
田代正一（2000）「EUの硝酸塩指令に関する一考察」『鹿児島大学農学部学術報告』No. 50，95-101。
田端祐介他（2005）「肉牛肥育一水稲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』日本畜産学会，76（3），321-330。
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）窒素フローの推定」『システム農学』システム農学会，12，114-117。
築城幹典，原田靖生（1997）「家畜の排泄物量推定プログラム」『システム農学』システム農学会，13（1），17-23。
永田恵十郎・岩谷三四郎（1989）『過疎山村の再生』，御茶の水書房。
農林水産省編（2006）『平成18年度食料・農業・農村白書』，農林統計協会。
農林水産省大臣官房統計部編（2006）『平成16年産米及び麦類の生産費』，農林統計協会。
橋元秀教（1977）『有機物施用の理論と応用』，農山漁村文化協会。
広島県庄原市一木町（1999）『信頼と安らぎのある理想郷をめざして』，農業構造改善事業30周年記念および一木営農集団組合結成30周年記念資料。
藤光　忠（1991）「地域農業の組織化と資源管理の実践」『農業経営研究』日本農業経営学会，第28巻第3号，36-41。
松中照夫（1999）「草地における物質移動・流出と環境汚染」日本土壌肥料学会北海道支部編『北海道農業と土壌肥料1999』，北農会，248-251。
松中照夫（2003）『土壌学の基礎』，農山漁村文化協会。
松村昭治他（1981）「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壌肥沃度の動向」『東京農工大学農学部農場研究報告』第10号，1-15。
松本成夫（2000）「地域における窒素フローの推定方法の確立とこれによる環境負荷の評価」『農業環境技術研究所報告』第18号，81-152。
宮本　誠（2002）：「第2部第8章広島県庄原市一木営農集団組合」農業技術研究機構中央農業総合研究センター『平成13年度経営体としての集落営農等組織的営農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農業総合研究センター，145-157。
宮本　誠（2004）「営農と生活を一体的に展開する庄原市一木集落」金沢夏樹編『地域営農の展開とマネジメント』，農林統計協会，24-32。
安田　環，越野正義編（2001）『環境保全と新しい施肥技術』，養賢堂。
吉田重方（1983）「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』，第6号，121-153。

（受付2006年11月14日
受理2007年1月11日）

Sustainability of Group Farming in the Cooperation System between the Cultivation Sector and the Livestock Sector from Viewpoint of Material Cycle : A Case Study of Nitrogen Cycle in Hitotsugi Group Farming

Toshiki SATOU (Hiroshima Prefectural University Graduate School)
Izumi FUJITA (Prefectural University of Hiroshima)
Makoto MIYAMOTO (Prefectural University of Hiroshima)

In this paper, the nitrogen cycle of group farming in the cooperation system between the cultivation sector and the livestock sector is analyzed. The paper is a case study of Hitotsugi group farming in Hiroshima prefecture. The purpose of the paper is to exam the sustainable farming system that takes environmental considerations into account.

From this analysis, the main points to emerge are as follows ;

(1) For the nitrogen cycle in the group farming, there is deviation of nitrogen flow between the cultivation sector and the livestock sector. Also, the nitrogen cycle in the group farming is 7.2 percent of

the total nitrogen input from outside of the group farming. It is thought that the nitrogen cycle relates to the number of livestock heads per field area.

(2) The nitrogen input of feed accounts for 85 percent of the total nitrogen input from outside of the group farming. In spite of aiming to increase the rate of self-sufficiency of feed, there is much dependence on feed from outside of the group farming.

(3) There is much deviation of nitrogen input between a forage crop field and a field that has been converted from a paddy into upland. Nitrogen input into a forage crop field is estimated at 308 kg/ha, and there is a possibility that this figure is beyond the acceptable limit.

(4) From these results of nitrogen cycle analysis, a measure increasing the rate of self-sufficiency of feed and the management of nitrogen input into fields are necessary.

Key words : nitrogen cycle, cooperation system between the cultivation sector and livestock sector, group farming, hilly and mountainous areas