

粗飼料自給型酪農と畑作間の有機物循環

誌名	農業技術
ISSN	03888479
著者	加藤, 雄久
巻/号	39巻8号
掲載ページ	p. 343-347
発行年月	1984年8月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



粗飼料自給型酪農と畑作間の有機物循環

—北海道畑作の省エネルギー—
(GEP84-V-1-4)

加藤 雄 久

はじめに

農林水産省では、昭和53年度から10カ年計画で「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」を実施している。この計画における最終段階として、個々の成果を結合した省エネルギー的生産システムを体系化する分担の系（V・生産技術系）が昭和56年度から発足した。この系では、我が国の北部・中部・南部における代表的農業地帯の中に対象集落を選び、農業生産システムとその農業における投入と産出のエネルギーを調査して、将来の省エネルギー的生産システムを構築する上での問題点を抽出しようとした。筆者は北部地域、つまり北海道の大規模畑作の調査に参加した。大規模畑作の展開は道東方面、特に十勝を中心として広がり、その1戸当たり平均耕地面積は21.6haに及び、テンサイ、パレイショ、コムギ、豆類を主体とする輪作が行われている。ここでの調査結果から種々の問題が指摘されたが、その1つに標題に掲げる問題点が話題となった。本稿は、北海道農業試験場畑作部の研究者達が集まって討議した内容をまとめたものである。討議には次の方々から資料の整理と話題を提供していただいた。ここに列記して謝意を表したい。家畜導入研究室長阿部亮氏（現畜産試験場）、機械化栽培研究室員伊吹俊彦氏、作付体系第1研究室長松口竜彦氏（現農業研究センター）、作付体系第2研究室長岡啓氏。

本稿の記述に当たっては、提供された資料・話題の列ではなく、論旨に沿って内容に濃淡を加えてあり、筆者の考え方が影響している場合があるので、ご指摘いただければ幸甚である。

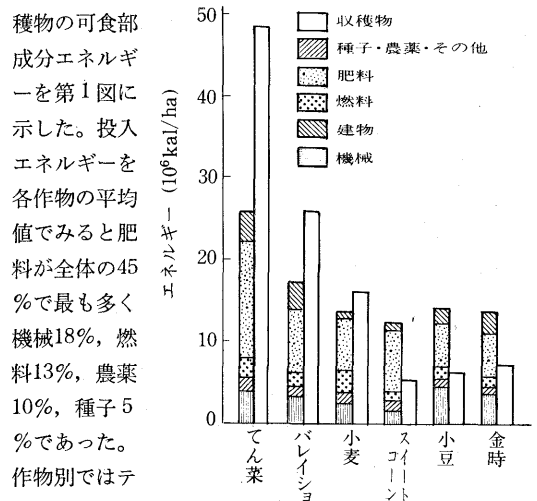
1. 十勝大規模畑作生産におけるエネルギーの投入実態

十勝地方における主要な畑作地帯である芽室町の報国集落について、当部の機械化栽培研究室と同機械化経営研究室が協力して調査した結果は次のようであった。

報国は畑作20戸、酪農1戸の専業農家で構成され、1戸当たりの平均耕地面積は23.5ha、平均粗生産額は1,875万円で当地方の中上位に相当する。主要作物の作付面積比はコムギが25%、パレイショが21%、テンサイ22%、豆類が15%、野菜が14%、その他である。調査は、各階

層を含む12戸の聞き取りと、3戸の作業日誌及び燃料消費量は実験的調査から資料を得た。1農家の平均的機械装備は、トラクタが2～3台（40, 70, 90馬力級）、耕起、整地、中耕、施肥、防除（作業幅約20m）、収穫（ポテト、ビート、ビーン）の各専用機、トラックが2台（2～4t）、その他で20～30種類の作業機を所有している。

農業生産に用いられた機械、燃料、肥料、農薬、その他資材をエネルギーに換算し、ha当たり作物別の投入エネルギーと収



第1図 主要作物のha当たり投入・産出エネルギー

（以下同単位）。

パレイショ17.7、コムギ13.9、スイートコーン12.0、小豆14.3となり、テンサイが最もエネルギー多消費作物であった。収穫物の成分エネルギー（残渣を含まない）はテンサイが多く、次いでパレイショであり、産出/投入の比をみると、テンサイが1.88、パレイショが1.48、コムギが1.16で、その他は1以下であった。以上の結果から、大規模畑作における省エネルギー的生産を行うには化学肥料の節約、機械の有効利用、省燃料作業方法等が重要であると結論された（加藤提供）。

2. 酪農から畑作へのふん尿提供の可能性

北海道では約75万頭の乳牛が飼育され、十勝地方における平均飼育頭数は41頭で、経産牛率は55%、飼料畑は21ha（草地16ha＋コーン5ha）、1頭当たりの飼料畑は約

0.5haの粗飼料自給型酪農である。一般的な給飼構造は、コーンサイレージを主体に乾草、ビートパルプ、濃厚飼料を補った方式が多い。標準的な飼料給与の1日当たりの有機物給与量は15.1kgでN成分は0.32kgとなる。各飼料の給与量、不消化率、摂取量、乳量に体重と給飼の時期的違いを考慮に入れた乳牛の有機物排泄重量は年間平均1,571kgとなり、水分85%、灰分12%とした場合のふん総量は年間1頭当たり11.9tと計算される。尿量は1日当たり10~15kg、年間1頭当たり3.7~5.5tに相当する。そこで平均的酪農家におけるふん尿の年間排泄量は、ふん量で359t、尿量で195t、合計554t(41頭・年)となる。

一方、飼料畑へのふん尿の施用による飼料作物の生育収量、飼料価値への影響は、新得畜産試験場における3年間の試験で次のような結果が得られている。

牧草の乾物収量は10a当たり15tの厩肥施用まで直線的に増加する。しかし、牛体の硝酸態Nの中毒症状は7t以上の施用から認められ、低Mg症は4t以上で認められるので、牧草畑への施用量は4tまでと判定されている。コーンの乾物収量は、10a当たり5tの施用まで直線的に増収し悪影響はみられていない。以上の結果からふん尿施用の適量を平均的酪農についてみると、

草地には、 $40t \times 16ha = 640t$
 コーン畑には、 $50t \times 5ha = 250t$ } 合計890tとなる。

ふん尿の総排泄量が554tに対して、土地還元適量が890tであるから、北海道の酪農ではふん尿が明らかに不足することになり、計算では系外への提供はできない。

乳牛のふん尿を搬出して土地還元を行うには、バークリーナを設置して敷料と共に排出するか、もしくは自然流下式で固液混合状態で排出する。当地では前者の方式が広く普及しており、後者は1~2%とみられている。この数値からみると、厩肥の土地還元は作業的には可能と考えてよいであろう(阿部氏提供)。

3. 麦稈と厩肥の交換運搬に要する燃料

当地方における乳牛敷料資材は麦稈以外に適当なものが見当たらない。酪農家は敷料を必要とし、畑作農家は地力向上のために厩肥の供給を希望している。北海道では、畑作と酪農の混同経営は少なく、両者の同一地域内でのモザイク状の存在も少なくなつて、畑作地帯と酪農地帯は地図上で分離しつつある。両者では使用する施設機械が異りな、同一経営に畑作と酪農を含むのは非効率であること、地力が高い耕地では畑作専業の方が高収益を得られるので、酪農は山沿いに、畑作は平坦肥沃地に分布している。

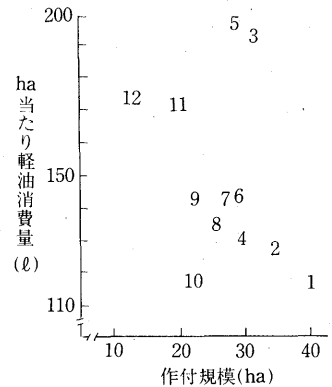
第1表 麦稈・厩肥交換作業の燃料消費量 (ha)

作 業	機 械	燃料消費量
麦稈集め	レ キ	2.3l
麦稈べール	タイトベール	3.6
厩肥積込み	ホイローダ	1.7
稈麦・厩肥輸送	4tダンプ	3.75×D
マニユアスプレッド積込み	ホイローダ	1.7
厩肥散布	マニユアスプレッド	5.0
ホイローダ走行	ホイローダ	0.19×D

注) ha当たり麦稈は3t、厩肥は30tとする。
 Dは運搬距離km, Fvは総燃料消費量l
 $Fv(l) = 39.6 \times D + 143.6$

そこで、畑作の麦稈と酪農の厩肥を交換する場合、両者の距離が遠いので運搬に多くの燃料を必要とする。コムギの収穫は普通形コンパインで行われ、跡地の麦稈はレーキで列に寄せ、ヘイベールでこん包してトラックに積み輸送する。厩肥は酪農家に堆積されたものをホイローダでトラックに積み、輸送して畑圃場の一角に堆積しておく。作物収穫後の秋季に厩肥をホイローダでマニユアスプレッドに積み、散布する。これらの工程に要する燃料を第1表に示した。燃料消費量は輸送距離によって当然異なる

が、交換契約は地縁、血縁関係が多く、隣接町村間でも片道10~30kmが一般的とみられる。ホイローダが片方あって、交換先へ向いて積み込み、片道20km、ha当たり30tの厩肥を投入する場合



第2図 作付規模とha当たり燃料消費量との関係

の燃料消費量は約93l(920×10³kcal)となる。十勝における20~30ha規模の農家がトラクタ2台で主要作業機を使用した場合のha当たり平均燃料消費量は150~200l(作物により異なる)であるから、畑地への厩肥投入の燃料は40~60%増となり無視できない。現地調査における作付規模とha当たり軽油消費量の関係を第2図に示した。面積当たり消費量は大規模で少なく、小規模で多い傾向がみられ、No.3と5の農家は著しく燃料多消費型であった。この2戸は、約25km離れた酪農家と麦稈・厩肥の交換を行うグループに属し、自ら積極的に作業機を提供している。このように、厩肥の投入は多量の化

石燃料を必要とすることは実態調査の上でも認められている（伊吹氏提供）。

4. 畑作生産における厩肥投入の効果

畑作物の栽培において圃場残渣だけをすき込むのに比べ、厩肥を10a当たり連年1.5tを施用すると増収する傾向がみられ、残渣との併用は更に効果的である。その効果は施用回数を重ねるにつれてテンサイ、バレイショが増収し、特に後者では塊茎の肥大が良好となる。実験年次は昭和50年から56年まで行い、51・55年は低温、56年は低温多雨、その他は平年的であったが、有機物の施用効果は低温年次に顕著であった。

投入資材の性状は液状ないしケーキ状の場合は含有成分の肥効として表現され、化学肥料的な効果がみられた。また、残渣や厩肥のような粗大有機物の施用は地力チッソの増加をもたらすとともに、作物地下部の発達に効果があり、根の分岐、伸長、根毛の形成を促進する。根系の発達は各種の植物ホルモンの生成を促し、作物の生育、病害耐性の強化に寄与するが、このホルモン類は土壤微生物によっても生産される。厩肥、残渣の施用は作物種を問わずフロラの多様性を高め、根系の発達と密接な関係にあることが知られている。粗大有機物の施用が示すこれらの機能は、分解過程で生成する生理活性物質、根圏微生物の緩衝能の増大によって発現すると推定されている。

堆厩肥の畑地への投入適量は10a当たり1.5tから効果が認められ、5t程度まで施用量の増大に伴って増収する。十勝では、堆厩肥は輪作の中でテンサイ作付前に重点施用されているが、10a当たり単年5t以上、あるいは連年2tで養分過多や収穫物の品質低下があり、これは有機物のC/N比、土壤チッソの肥沃度に影響され、チッソが少ない褐色火山性土でC/N比が10前後の資材で前記の障害がみられる。このように、畑作生産にとって粗大有機物、特に残渣と厩肥の投入は化学肥料にない地下部の発達促進効果が高く、化学肥料の生産効率を向上させる役割を有する。厩肥の投入には、適量の施用ばかりでなく、圃場残渣や加工残渣の利活用を含めた施用が畑作物の増収と収量安定にとって重要であり、肥料養分の肥効向上と節約にも役立つことが知られている（松口氏提供）。

5. 十勝における有機物生産と土地還元の実態

畑作生産にとって有機物の施用は非常に重要である。十勝における有機物の供給源は主として畑作物の圃場残

渣であり、他に畑作物の加工残渣（ビートパルプと廃液、バレイショでん粉かすと廃液、スイートコーン加工廃棄物）及びエンバクやクロバ等の緑肥、酪農からの厩肥、山林からのバークがある。畑作の系内圃場残渣は第2表に示すように、テンサイの地上部が最も多く、麦稈、スイートコーンの茎葉がこれに次ぎ、豆類、バレイショの残渣は量がやや少ない。これらは直接すき込み、あるいは堆肥として畑に還元されるが、全乾物生産量に対する還元量は輪作全体で40%に満たない。系外からの導入有機物における厩肥は酪農の敷料用麦稈と交換されたもので、麦稈のべール13個（約260kg）と厩肥1tの割合いで交換され、両者の乾物量はほぼ相当しており、該当交換量は麦稈生産量の20~30%と推定されている。加工残渣のうち、ビートパルプや缶詰用スイートコーン廃棄物は飼料に利用されて畑作農家の土壤に戻らず、他の加工残渣はほぼ畑地に還元されているが、持ち出した圃場と還元される圃場とは必ずしも一致しない。バークは投入有機物の全体からみるとその割合は非常に少ない（岡氏提供）。

第2表 調査農家11戸の乾物生産量と還元量

作付作物	面積 (ha)	乾物生産(t)		
		収穫物	還元物	還元率%
バレイショ	77.4	591.8	154.8	20.7
テンサイ	70.9	1,057.9	567.1	34.9
秋播コムギ	77.0	261.9	385.1	59.5
スイートコーン	31.2	58.0	150.9	72.2
ダイズ	16.0	20.2	25.6	49.3
アズキ	25.7	18.6	36.0	65.9
サイトウ	2.3	4.0	2.5	38.5
その他	11.2			
合計	310.7	2,012.4	1,322.0	39.6

6. 論 議

1では、畑作生産の投入エネルギーの中で肥料が約半分を占め、次いで機械・燃料の作業エネルギー、さらには農薬のエネルギーが多いことを示した。つまり北海道の大規模畑作は化学肥料の多施用と農薬による徹底防除、大型機械による高効率大量生産の農業といえる。その単収をみるとテンサイは世界最高、バレイショとコムギは最高レベルと同等であり、労働の生産性もこれに近い。しかし、その生産力は化石エネルギーの多消費に支えられており、石油枯渇の時代が来れば根底から崩れる脆さがある。このような石油依存型の農業に対して、化学肥料削減対策としての有機物の有効利用について討議をしようとした。

近年における北海道の畑作は豆類が減少し、コムギの増加、テンサイ、パレイショ微増の傾向にある。豆類、特にダイズは少収、低価格、作業機械化の遅れが原因であり、後者の増加は高能率機械化作業技術の確立と高収益によるものである。その結果、パレイショ、コムギの連作あるいはテンサイを含めた短期輪作が多くなり、豆類作付の欠落は畑地力の低下を招きつつある。そして多肥による多収を追求するようになり、調査した集落の施肥量では、ha当たりの成分量でテンサイはNが221kg、 P_2O_5 が381kg、 K_2O は249kgを施用し、 P_2O_5 と K_2O では道の施肥基準を大きく上まわっている。パレイショはそれぞれが82kg、199kg、134kgであり、多肥栽培の実情が伺われる。

一方、北海道には約54万haの飼料用耕地と約75万頭の乳牛が飼育されており、これらの厩肥を畑地生産の肥料源として有効利用してはどうかと考えるのは当然であろう。ところが2で述べたように、粗飼料自給型酪農では自らの飼料畑に還元すべきふん尿の適量に対して排泄ふん尿の量ははるかに不足している。当地の酪農は加工乳用の出荷であるから、粗飼料自給型経営でなければ成立しない。飼料生産にとって適量のふん尿を投入できるようにするには、1頭の飼育に30a前後の耕地で間に合う飼料構造にするか、これが可能な程度に面積当たり飼料生産力を向上しなければならない。現実的には、敷料を入手するために、止むを得ず厩肥の一部を畑作農家に提供している。この場合の厩肥と麦稈の交換には多大の燃料を消費することは3に述べたとおりである。

つまり、畑作生産に厩肥を利用するのは、敷料交換で得られるわずかな量しか期待できず、肥料の代替資源としての根本的対策には成り得ないと考えられる。この現象はふん尿の捨て場に困る府県の酪農と畑作との関係とは大いに異なる。部分的な方法としては、近隣畑作農家と酪農家の間で、耕地の有限期間の交換耕作があるが、距離の上で制約が多い。

この現象は本討議を通じて初めて明らかにされたわけではない。その代表的な例として土幌町の畑地力維持のための肉牛肥育センター設置の努力がある。当地域は以前から畑作地帯と酪農地帯が分離し、畑作では根菜類とコムギの短期輪作による地力の低下が懸念されていた。しかし、酪農厩肥の畑地投入は期待できないので、購入飼料による飼育を主体とする肉牛ふん尿の畑地還元を行っている。ふん尿運搬の費用（燃料）を節減するため、畑作地帯の12カ所に分散して肉牛センターを設け、各センターのふん尿を近くの畑地に還元し、畑作農家に飼料用トウモロコシを栽培させて肉牛の飼料に当てている。

それでも肉牛センターの経営が苦しく、種々の方法改善に努力しているのが実情である。ふん尿生産動物としては、購入飼料主体の家畜、つまり養豚や養鶏もあげられるが、ふん尿生産量は肉牛が多いからである。

このような考え方は畑作耕地のどこかに輸入飼料で家畜を飼育しなければならないことになる。輸入石油で製造した肥料の代わりに、輸入飼料によるふん尿で作物を栽培しようとする。この方法が有機物を活用した省化石エネルギー栽培といえるかどうかは疑問が残る。論議が自然界の物質循環の基本に及ぶが、ある耕地で栽培された収穫物をそこに住む動物が食べ、その土地に排泄して植物がこれを吸収生長するのが自然の原理ではなかるうか？

我が国は穀物消費量の60%強を輸入して家畜に与え、その畜産物を国民が利用しているので、物質循環は光合成が輸入先の北米で、消費排泄は日本国となって循環が断ち切れ、北米耕地の瘠薄化と日本国土（特に本州）には汚物の集積が進むことになる。先に記述した北海道での厩肥生産方式は畑地が要求しているので、汚物集積の問題はないが、本州では避けなければならない。畑地あるいは酪農耕地では、それぞれで有機物循環が完結するように近付けることが望ましいであろう。しかしながら、農産物の消費者は都市に居住し、食糧生産は田舎で行われるかぎり、人間の排泄物は耕地へ還元しにくい。収穫物として系外に持ち出された有機物資源の相当量は何らかの形で系外から耕地に補給されなければならない。この補給が自然エネルギーの利用で可能かどうかは問題である。

4項で松口氏が述べているように、粗大有機物の畑地への施用は含有成分の肥料的効果ばかりでなく、地下部の発達促進による収量水準の向上と低温気象に対する適応性の向上があり、各種残渣と厩肥との組み合わせ施用の効果が強調されている。したがって畑地の有機物富化の必要性は疑いの余地がないと思われる。系外からの有機物の導入が量的に満足できそうにないとなれば、畑地輪作のどこかで有機物及び肥料成分を生産し、作物収穫による収奪に備えざるを得ない。全収奪量をすべて自然エネルギーで補完することはできないが、化学肥料の依存度を減少させる努力は必要であろう。

系内での有機物及び成分補給方法の一つには緑肥の利用がある。生育が旺盛でチッソ固定量や乾物生産量が著しく多い緑肥がよい。しかし、換金作物の栽培を中止して緑肥を単作するのは収入減となって普及性が乏しいので、畑輪作の間作や後作に導入できる技術が望ましい。現在の北海道の輪作体系の中でこれを探すならば、秋ま

きコムギへの春季間作播種、コムギ収穫被蔭解除後の緑肥の生育（8月初旬以降）、スイートコーン収穫後（9月上旬）、早掘バレイショ跡（9月上旬）等であろう。緑肥作物としてはエンバクが多く用いられているが、チッソ成分からみれば豆科緑肥が好ましい。粗大有機物の大量供給作物としてはスイートコーンがあり、未成熟コーンの収益は少ないが、莖葉の大量すき込み用として栽培されている。このように輪作体系の間隙を利用して緑肥の作付けを行い、これらの分解促進のためのC/N比を調整するような加工残渣との併用が考えられる。

チッソ固定の利用では豆科作物の栽培が好ましいが、論議の前段で述べたように現状では面積の拡大が困難であり、ダイズの多収技術、収穫・除草の高効率機械化技

術の確立が前提となる。ダイズあるいは豆科緑肥の導入では、単にその作物のチッソ施用を削減するのではなく、地中に蓄積して翌年の作付け作物の施肥量を減少させる技術でなければ効果が薄い。畑地輪作の中で粗大有機物を生産還元し、チッソ固定菌を活用して栄養を創作し、少ない化学肥料で現在以上の単収を上げる技術を一步一步築いていかなければならない。本稿では粗大有機物とチッソを中心に論議を進めたが、磷酸及び加里の資源も有限であり、特にテンサイではこの両者が著しく多施用されているので、この対策に関する検討も必要であろう。（かとう・かずひさ 農林水産省北海道農業試験場畑作部機械化栽培研究室長）

北農試から東北農試へ⑧

松 実 成 忠

昭和36年5月に技術会議事務局は、「今後の主な研究目標」に沿った各試験研究機関の重点的な研究課題とその推進構想について、各場所長より個別に説明を求め、その線に沿って予算化をはかることとなった。この機関別の推進構想打合せ会における説明資料について、秋浜場長は私に農業経営部長の堀口逸雄さんと相談して作成するようにいわれた。私は1年間にわたった特別小委員会や部長会議での論議をもとに、徹夜しての2日ばかりで資料の草稿を作った。北海道農試についての打ち合わせ会には、私は場長に随行を命ぜられ、「細部はとりまとめた松実君にさせる」とのことで、「北海道農業試験研究の推進に関する構想」（北農試技連資料No. 7, 36年5月）を説明する役をいつかつた。

この推進構想のなかで、北海道農試として強調したことは、重点的研究課題を推進するためには北海道農試本場を琴似から畜産部のある月寒へ移転し、集中して整備する必要がある、ということであった。これが技術会議事務局に受け入れられたことから、にわかに移転整備計画の策定作業が進められることになった。

昭和36年4月に月寒への集中移転整備を検討するための整備拡充企画委員会が発足し、私が事務局長の役をして既に若干の検討が進められていた。だが、37年度の予算から実施に入るためには1カ月ほどの期間しか残されていなかった。

概算要求書を作成するには、いままで畜産部だけで使っていた月寒用地（1,100ha）の中で琴似から移る研究各部がどのように利用し整備するか、また本廠舎や附属建物をどのように計画し配置するかなど、一通りの計画を

立てなければならぬ。第1次の概算要求をとりまとめる間のあわただしさは、まるで戦場のようなものであった。だが、短期間に概算要求書がまとめられたのは、沖積土水田をどうするか、りんごやなしの果樹試験をどうするかなどの問題の指摘はあったが、そのために移転整備に反対するということがなく、各部が一致協力して計画の作成にあたったからであった。

こうしてようやく3年計画の19億6千万円の概算要求書がまとまって、7月はじめ私は場長に随行して技術会議事務局での説明役をこの時もいつかつた。その時、10億は下回らないが、20億に近い予算はとも無理である、といわれ、再度約17億円（7, 5, 5億円の3年計画）にまとめ直した第2次要求書を作った。9月に提出した時には委員会事務局から幹事の増島博君（現農業研究センター）が場長に随行して行ったはずである。

37年のはじめになって、17億円の全体計画が認められたわけではなかったが、37年度は初年度分として2億円の予算が認められた。それによって移転集中整備は企画段階から実施段階に入ることになり、それまでの企画委員会を改組して月寒集中実施本部という体制をとることになった。それを機会に事務局長の仕事は升尾洋一郎君（作物部亜麻室長、元北海道農試場長）にかわった。当時、私はもう1つの事務局長の仕事を受け持っていた。それは36年6月から1回開催することになった地方連絡会議（農林省の出先機関の長をもって構成し、都道府県ごとおよび地域ごとに設けられた）の北海道地域の主宰者に秋浜場長が指名され、私はその事務局長の仕事をするようにいわれて勤めていたからである（北海道地方連絡会議のことも私には思い出深い、本誌にはなじみが薄いと思われるので割愛する）。

（まつみ・しげただ 元東北農業試験場次長）