

家畜ふん堆肥を利用した飼料用米生産

国立研究開発法人 農研機構
中央農業総合研究センター 北陸研究センター

吉永 悟志

1. 飼料用米生産に関わる情勢

(1) 食料自給率と飼料自給率

我が国の食料自給率に関しては、米では97%（2011年）と高い状況を維持しているものの、全品目の供給熱量ベースの自給率は39%と先進国中でも極端に低い状況となっている。食肉や乳製品等の畜産物の供給熱量に占める割合は、米が占める割合の減少とは対照的に近年増加傾向にあるが、畜産物生産に用いられる飼料の多くは輸入に頼っている状況で、飼料自給率は2012年に26%、特に濃厚飼料自給率は12%にとどまっている。さらに、近年は飼料の価格が上昇傾向にあり、1993～2003年には30,000から45,000円／トンの範囲で推移していた配合飼料の価格は、2008年以降は50,000から65,000円の間で推移している。このような低い自給率や飼料価格の上昇傾向のなかで、我が国の食料安全保証の確保ためには、飼料の生産量を増大させる事が重要となる。こうした状況で、生産面では、米の需要量が減少するなかで、我が国の主要な生産基盤である水田を活用した飼料増産による、食料自給率の向上と生産基盤

の維持が期待されている。

(2) 水稻の飼料利用

水稻の飼料利用については、粗飼料として利用する稲発酵粗飼料（ホールクロップサイレージ用イネ）の生産および利用が先んじて増加し、その後、濃厚飼料として利用する飼料用米の生産および利用が政策的なバックアップも受けて、増加している（図1）。

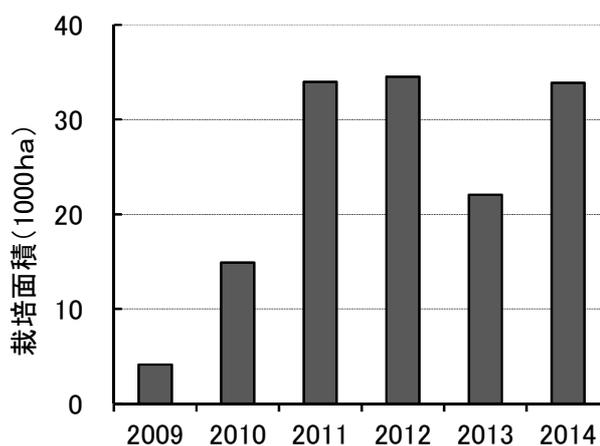


図1 飼料用米の栽培面積の推移
（農林水産省統計データ）

これに対応して、近年、飼料用米に適した品種として、低コスト安定生産に適した多様な多収品種が育成され、寒冷地から暖地において作付けが可能となっている(農研機構 2013a)。飼料用米は主にトウモロコシの代替とした濃厚飼料と

しての利用が想定されるが、飼料としての栄養価について、玄米では粗タンパクやTDN(可消化養分総量)などの重要形質は子実トウモロコシにほぼ匹敵する(表1)。

表1 各飼料の成分組成(成分値は乾物中%)

飼料種類	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗灰分	粗繊維	TDN
粳米	13.7	7.5	2.5	6.3	10	77.7
玄米	14.8	8.8	3.2	1.6	0.8	94.9
トウモロコシ(子実)	14.5	8.8	4.4	1.4	2.0	93.6

日本標準飼料成分表(2009)より. TDN:可消化養分総量.

一方、粳米の場合には粳殻の消化率が低いため、TDNが10ポイント以上低下する。粳の消化率は畜種により異なり、鶏は砂袋によって粳殻を消化できるのに対し、牛や豚では粳殻自体の消化率はゼロに等しい。さらに、牛や豚では、玄米の消化率向上のために破碎処理を行うことが一般的である。このため、養鶏や採卵鶏への給与は粳米で行われ、牛や豚への給与は破碎した玄米が一般に給与されている。このように、飼料用米のトウモロコシ代替による利用が可能となっているが、その生産のためには主食用米生産との栽培管理が異なる点があるとともに、生産物の低コスト化を進めることが必須条件となる。

(3) 国産飼料プロ

このような背景をもとに、2010年度から5年間にわたり農林水産省の委託プロジェクト「自給飼料を基盤とした国産畜産物の高付加価値化技術の開発(国産飼

料プロ)」が実施され、飼料用米の生産から給与までの技術確立が行われてきている。生産技術の確立の中では、生産性の確保や安定化のために肥培管理は重要な技術となるが、耕畜連携、生産コスト、持続性を考慮した肥培管理技術の確立が大きな課題となっている。ここでは、飼料用米栽培における基本的な栽培技術情報に加えて、家畜ふん堆肥を活用に関するこれまでの知見やプロジェクトにおける成果を整理したい。

なお、プロジェクトの成果の一部は、「飼料用米の生産・給与技術マニュアル」としてとりまとめて公開されている(農研機構 2013b)ので、詳細はこちらを参照いただきたい。

2. 飼料用米向け多収品種の特徴

水稻生産における家畜ふん堆肥の活用には、適用する品種や作型に対応した施用技術が必要となる。飼料用米生

産に関しては、前述のように多収栽培に適した専用品種が育成されてきているが、これらの品種の養分吸収に関する特性を理解した上での技術確立が必要となる。まずは、多収品種の特徴について整理する。

現在までの飼料用米生産では、主食用米への混入に対する懸念や種子の確保の問題から、主食用米を飼料用米として作付けしている事例が依然として多い。しかしながら、一定の収量を達成して生産物当たりの生産費を低減させるためには、多収品種の利用が不可欠となる。飼料用米の多収達成のために多くの品種が育成されてきており、専用品種として北海道から九州までを網羅する20品種が選定されている。これらの品種の多くは、外国品種などの多様な遺伝資源を活用して育成されていることから、主食用米品種の特性と大きく異なる部分がある。このため、安定多収の達成のためには、品種特性に対応した栽培条件を適用することが重要となる。

(1) 形態的な特徴

多収品種は、全般に耐倒伏性が高く、多肥栽培でも顕著な倒伏を生じ難い。このような耐倒伏性は、穂数を減らして穂重型の草型にすることにより、茎を太くすることで強化されている。このため、主食用品種と比較すると穂数が少なく、1穂籾数が多いという特徴がある(写真)。また、多収のためには粒大の増大が有効なため、べこあおばやホシアオバなど、一部の品種では、千粒重が顕著に大きく、30gを超えている。このように、多収品種では、1穂籾数の増加による籾数の増

加、粒重の増大による千粒重の増大が多収の主要因となっている。



写真 多収品種の穂の形態

左2本：日本晴（主食用）、
右2本：北陸193号（インド型多収品種）

(2) インド型多収品種

前述のように、多様な品種が交配されて品種が育成されているため、専用品種のなかにはインド型品種の特性を示すものがある。品種としては、タカナリ、北陸193号、もちだわら等がこれに該当するが、これらの品種は全体の70%以上のゲノムをインド型品種から引き継いでおり(山本ら2010)、高い光合成能や登熟能を有するため、全般に多収を達成しやすい。しかしながら、同様にインド型品種特有の特徴である、①種子休眠性、②脱粒性、③ウンカへの感受性を示すことから、これらの品種を利用する場合には、種子休眠の確認と必要に応じて乾熱処理などの休眠覚醒処理を行うこと、脱粒による減収を避けるために成熟期以降は適正な時期に収穫作業を行うこと、ウンカの常襲地帯では、基幹的な防除を行うと

ともに早期確認と早期防除を徹底すること、等に留意する必要がある。

3. 家畜ふん堆肥の利用による多収栽培

(1) 多収品種の養分吸収特性

多収品種は乾物生産が旺盛で、子実重のみならず、わら重も普通品種と比較して大きくなる。これにともない、土壌からの養分吸収量も増大する。このときの粗玄米重と地上部乾物重は、主食用品種では 500~600kg/10a および 1,300~1,600kg/10a、多収品種では 700~900kg/10a の収量で、地上部重は 1,800~2,200kg/10a が想定される。

窒素、リン酸およびカリの吸収量は、収量および地上部乾物重の増加にともなって高くなり、子実やわらの収穫にともなってこれらの多量な養分が圃場から収奪されることになる。特に、多収品種は

穂への窒素分配率が高く、例えば普通品種の日本晴では、穂への窒素分配が 50% 以下なのに対し、多収品種であるモミロマンや北陸 193 号では、約 60% に達し、収穫量の増加に伴って、窒素の収奪も増加することが示唆されている(吉永 2013)。

また、成分により、穂と茎葉への分配率が大きく異なり、リンは穂の分配率が高く、カリウムは茎葉への分配率が高いなど、生産物の利用形態により、収奪される分量も大きく異なる。飼料用米生産では、耕畜連携での稲わら利用など、稲わらを搬出利用するケースが多く、利用形態に対応した肥培管理を行うことが重要となる。

図2には、同一熟期の主食用米品種と飼料用米向けの多収品種の施肥試験の結果を用いて窒素吸収量と籾数、収量との関係を示している。

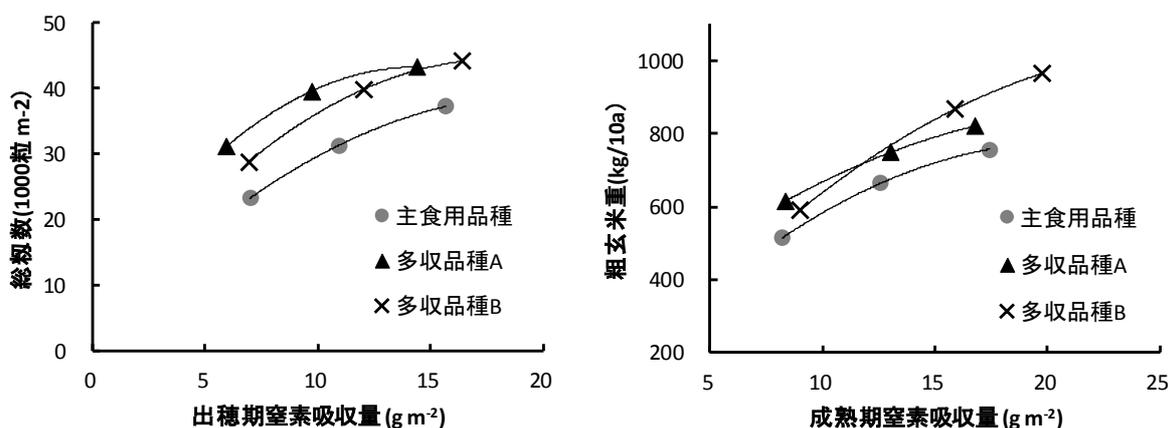


図2 窒素吸収量と籾数および玄米収量との関係における品種間差異

いずれの多収品種も主食用品種と比較して、同等の窒素吸収量で相対的に籾数が増大し、玄米収量も高くなっていることが分かる。施肥窒素との関係でも同様

の傾向が認められることから、多収品種は施肥窒素当たりや吸収窒素当たりの籾や玄米の生産効率が高く、同様の施肥条件でも多収が得られやすいという特性を

有する。このため、多収品種を利用することで、施肥コストを下げられる可能性があるが、同条件で多収になることは、土壤中からの養分収奪も増加することにつながる。特に、多収品種を連作する場合には、堆肥の活用等による地力維持や土壌診断をもとにした肥培管理を行う必要がある。

(2) 家畜ふん堆肥の成分特性

前述のように、飼料用米は粳米利用や玄米利用の差はあるもののポテンシャル

としては、各畜種の濃厚飼料で用いられているトウモロコシの代替としての給与が可能であり、畜種別の給与可能量が提示されてきている。こうしたなかで、耕畜連携を達成するためには、畜種に応じた堆肥の利用の促進が重要となってきた。畜種別の堆肥成分として、牛ふん堆肥では、窒素、リン酸、カリ濃度は乾物あたり2%程度で、豚ふん堆肥や鶏ふん堆肥に比べて肥料成分の濃度は相対的に低く、CN比も高い(表2)。

表2 畜種別の家畜ふん堆肥の成分的特徴 (中央農業総合研究センター1996)

畜種	水分 %	pH	EC	全窒素 %	全炭素 %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	C/N %
牛ふん	54.8	8.4	4.7	1.9	35.3	2.3	2.4	3.0	1.0	18.9
豚ふん	40.2	8.4	6.4	3.0	32.8	5.8	2.6	5.2	1.8	11.0
鶏ふん	25.1	8.5	8.3	3.2	28.7	6.5	3.5	14.3	2.1	9.6

成分は乾物換算

また、豚ふん堆肥では、乾物あたり窒素2%、リン酸6%、カリ3%程度で、牛ふん堆肥と鶏ふん堆肥の中間的な濃度となっている。一方、鶏ふん堆肥は乾物あたり窒素3%、リン酸7%、カリ4%程度で、家畜ふん堆肥の中では最も多く、CN比についても最も低くなっている。このように、堆肥中の肥料成分は畜種により差があるため、成分比や肥効を考慮して、施用量や施用時期、化成肥料との組み合わせを決定する必要がある。家畜ふん堆肥の利用については、多収栽培を行う場合に窒素成分を堆肥のみで充足させる場合には、後述のようにリン酸やカリが過剰になる恐れがあるため、リン酸およびカリを堆肥からの供給でまかなったうえ

で、不足する窒素成分を化成肥料の窒素単肥で補足することが、コストや環境保全を考慮した合理的な肥培管理といえる。

(3) 化成肥料の堆肥代替

これまでの多収品種での堆肥利用における多収達成事例を図3に示した。北海道の「たちじょうぶ」を用いた試験では、堆肥無施用で10.5kg/10aの窒素成分を化成肥料で施用して約800kg/10aの収量を達成しているが、豚ふん堆肥を2t/10a連用して化成肥料による窒素成分を50%減肥した(窒素成分5.25kg/10a)条件においてもほぼ同等の収量性が達成され、中央農業総合研究センター(茨城県)における検討事例においても、牛ふん堆肥を

2t/10a 連用して化成肥料による窒素成分を40%減肥しても同等以上の収量が得られている。さらに、鶏ふんペレットを用いて化成肥料の窒素成分を40%代替した条件でも、収量は化成肥料の同等以上と

なっており、各畜種の家畜ふん堆肥の利用により、40~50%削減した窒素肥料を単肥で利用することが、多収性の維持と耕畜連携での低コスト栽培の達成に重要になるものと推察される。

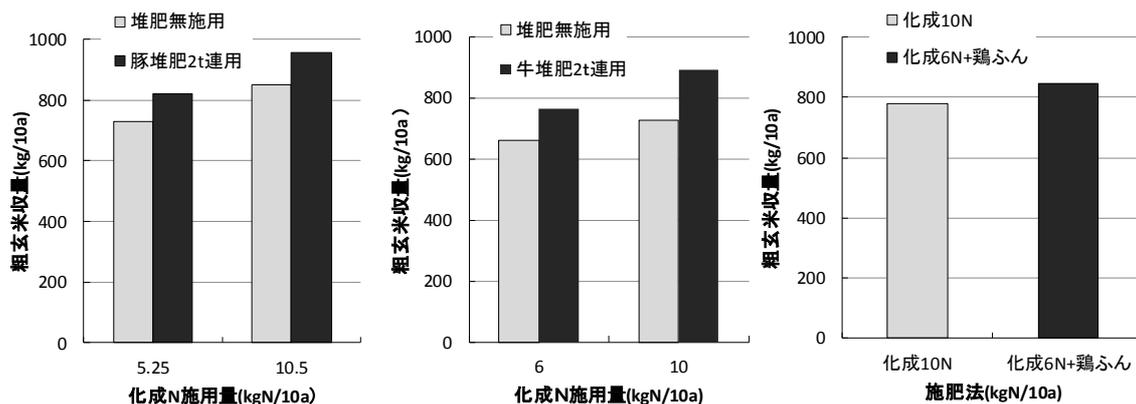


図3 堆肥利用と収量との関係

左：北海道農業研究センター、品種：たちじょうぶ、豚ふん堆肥2t利用
 中央：中央農業総合研究センター、品種：北陸193号、牛ふん堆肥2t利用
 右：鹿児島県農業開発総合センター、品種：ミズホチカラ、鶏ふんペレット0.4t利用

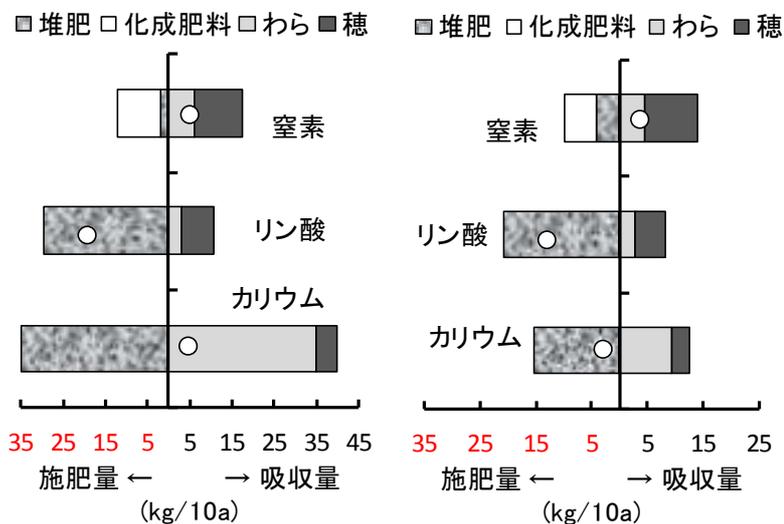


図4 有機物利用による養分収支の事例 (○はわら利用時の収支点)
 左：中央農業総合研究センター、品種：北陸193号(収量レベル900kg/10a)、牛ふん堆肥2t施用、牛ふん堆肥の肥効率10%として試算
 右：鹿児島県農業開発総合センター、品種：ミズホチカラ(収量レベル800kg/10a)、鶏ふんペレット0.4t施用、鶏ふんペレット肥効率30%として試算

また、飼料用米生産では、飼料用米品種生産による土壌養分の収奪を耕畜連携で得られる堆肥で補うことが重要となるが、その際には、①畜種やロットにより堆肥の成分組成や濃度、肥効が異なること、②品種や生産物の利用形態と利用堆肥に応じた養分収支の解析(図4)、③養分バランスをもとにした施肥設計、等が重要となる。例えば、成分により、穂と茎葉への分配率が大きく異なり、リンは穂の分配率が高く、カリウムは茎葉への分配率が高いなど、生産物の利用形態により、収奪される成分量も大きく異なる。収支については、図4のようにリン酸が過剰になりやすいため、利用する化成肥料の成分バランスや堆肥利用量の加減など、土壌診断に基づいた対応を行うことが重要となる。

(4) 堆肥の連用について

多収の達成には、図2で示したように、吸収窒素の増加が必須条件となるが、水

稲での吸収窒素量は、多肥条件であっても60%以上は土壌からの吸収である(樋口・吉野1986)。このため、多収の達成には地力の維持・向上が不可欠となる。地力の向上には家畜ふん堆肥の連用が効果的で、家畜ふん堆肥を長期連用することにより、無化学肥料でも多収を達成できることが示されている。東北での事例では、家畜ふん堆肥3.6t/10aを30年以上連用した圃場において、無化学肥料で飼料用米「べこあおば」を栽培し、粗玄米収量で700~800kg/10aが達成されており、また、窒素12kg/10aの標肥区で900kg/10a以上の収量が得られ、無堆肥条件で窒素18kg/10aの多肥区の収量を超えている(図5)。このとき、無堆肥条件での作付け前の可給態窒素は約10mg/100gに対し、堆肥連用条件では、約18mg/100gと、地力の差が大きく影響したものと考えられる。

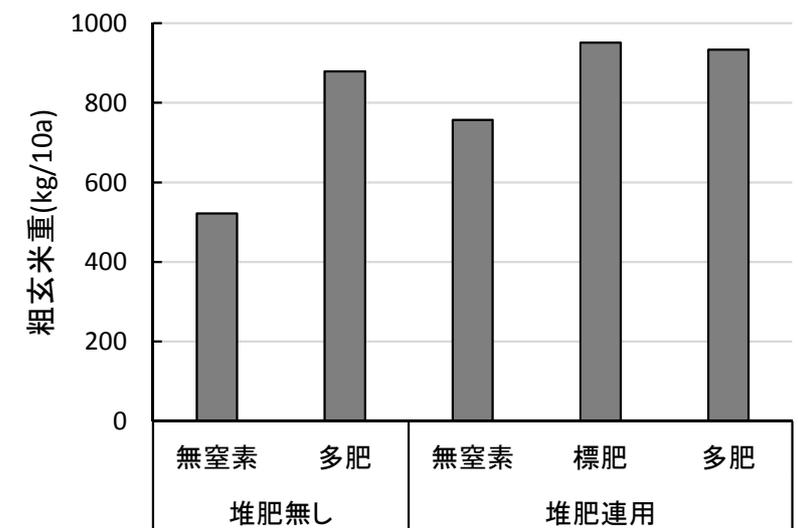


図5 堆肥施用および施肥条件が収量に及ぼす影響

東北農業研究センター(秋田県大仙市)における2011-2012年の平均値。品種:べこあおば、家畜ふん堆肥は牛豚鶏混合(6:3:1)。標肥:化成肥料の分施合計12kgN/10aN、多肥:同合計18kgN/10a

4. 低コスト栽培の体系化

飼料用米生産における低コスト化栽培の体系化については、委託プロジェクトで実施した現地試験の3事例において、多収品種を利用して、直播栽培や乳苗疎植栽培の条件で、700~800kg/10aの多収を達成しつつ、10a当たりで約80,000円以下の生産費を達成している。生産費の低減要因としては、大豆後の復元田に作付けすることで乾土効果を高めて肥料費の節減につなげることや、耕畜連携におけるわらの副産物としての利用や堆肥の活用、立毛乾燥による乾燥費の節減、直播や疎植による労働時間の短縮などがあげられる。飼料用米生産における交付金については、2014年から「数量払い」や「専用品種加算」などが盛り込まれ、多収品種を用いた多収の達成を支援する態勢が整ってきており、これに低コスト栽培を組み合わせることで収益性を向上することが望まれる。

5. まとめ

多様な多収品種が育成され、用途や作型に応じた品種の選択肢が増えた状況になっているが、多収品種の特性は主食用品種と特性が異なる場合があるだけでなく、多収品種間でもその特性に差があるため、品種の特性を發揮させるための栽培技術も多様化することになる。このようななか、栽培地の気象条件に適した品種の選定と栽培技術の組合せをいかに行うかがポイントになる。一方、多収栽培のための窒素吸収増加のためには一般に肥料等の資材コストの増加をとまなうことになる。また、必要以上の多肥条件で

は病虫害が助長される。このため、品種特性に適合した目標収量の設定と、地力診断に基づいた肥培管理を行うこと、耕畜連携で得られる家畜糞堆肥の合理的な利用法を提示すること、等が重要になる。さらに、省力・低コスト化技術の推進について、多収品種の直播や疎植適応性の解明と各種低コスト技術の体系化を通して、さらなる技術確立を行っていく必要があると考える。

引用文献

- 1) 中央農業総合研究センター 1996. 家畜ふん堆肥の成分的特徴 中央農業総合研究センター研究成果情報
<http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/narc/1996/narc96-177.html>
- 2) 樋口太重、吉野喬 1986. 高収性水稻の窒素吸収特性について. 日本土壤肥料学雑誌, **57**(2), 134-141.
- 3) 農研機構 2013a. 米とワラの多収を目指して. ISBN978-4-904633-05-2
- 4) 農研機構 2013b. 飼料用米の生産・給与技術マニュアル 2013
http://www.naro.affrc.go.jp/nilgs/project/jiky_pro/029451.html.
- 5) 山本敏央・米丸淳一・江花薫子・矢野昌裕 2010. SNP アレイを用いて推定した日本の超多収稲品種群のゲノム構成. 育種学研究, **12**(別1), 18.
- 6) 吉永悟志 2013. 加工用・飼料用水稻の収量ポテンシャルと養分生理. 日本土壤肥料学雑誌, **84**(5), 399-404.