

環境に配慮したイタリアンライグラス ハナミワセの水田裏作緑肥への利用について

はじめに

地球規模での気候変動への対応や地域の生物多様性の保全など、地域での環境保全活動がますます重要視される一方で、農水省は「持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律」(持続農業法、1999年7月)を施行し、環境に配慮した意欲ある農業経営者を優遇する仕組みを積極的に導入するなど、農業経営での環境への視点はますます重要なものとなっています。しかしながら、環境への視点と農業生産性は相矛盾する場面も多くみられます。そのひとつに水田での緑肥の利用があげられます。

水田は、他の土地利用に比べ、湛水による水質浄化機能が認められていますが、栽培条件などによっては地域環境に負荷を与える場合も認められています。とくに、非かんがい期では畑状態の場合が多く、有機態窒素の無機化・硝酸化が促進され、乾田では硝酸態窒素が溶脱されやすくなり、湿田では脱窒により窒素が揮散してしまうことが指摘されています。

水田における緑肥の利用は、従来のレンゲによる窒素供給能の活用や、近年においてはヘアリーベッチに代表される有機物被覆による雑草防除機能を期待するカバークロープとしての利用が行われています。これらは、緑肥由来の窒素を有効に利用し、化学肥料の投入量を削減することで、環境保全型の水稲栽培管理を志向しています。これに対し、イタリアンライグラスなどのイネ科の緑肥は水田土壌中での分解が遅く、最高分けつ期以降の窒素の放出により、長稈タイプであるコシヒカリなどの倒伏を招くことや、食味を低下させることが危惧されています。

肥料価格の高騰が大きな問題となる中で、肥料の施用量を削減し、肥料の溶脱を防ぐ農法の確立は地

域においてきわめて重要です。そこでは、地域の環境保全には極めて効果的である水田裏作緑肥を利用し、コシヒカリなどの良食味米の生産性向上させる農法の確立が重要となってきます。この中で牛久市女化在住の高松求さんの取り組みは特筆に価すると考えます。高松さんは霞ヶ浦流域で畑作および水田作経営を行っていますが、その基本は、緑肥を上手に使うことです。緑肥は収穫せずに畑や水田にすき込む作物であり、農家にとっては直接の収入になりません。しかし、高松さんは、緑肥のもっているさまざまな機能に注目して、農業における環境保全と生産性の両面を追及しています。高松さんは「農法と作物を比べながら、もっともよい農業経営をつくりあげたい」という熱意をもち、よりよい水田裏作緑肥の利用を検証してきました。著者は、高松さんの水田で水田裏作緑肥を利用した水稲栽培について2000年から栽培法方法を比較しながら7年間にわたり調査してきました。ここではその概要について紹介します。

水田裏作緑肥の利用による水質保全

水田での非かんがい期の土壌無機態窒素レベルは20~30mgN/kgと高く推移していることから、水稲非作付期間中に緑肥を栽培することで非かんがい期の土壌窒素のトラップとなることが期待されます。とくに、土壌残留窒素の吸収能力の面では、マメ科に比べイネ科の緑肥が優れており、水田がより環境保全機能を保持していくにはイネ科の緑肥を有効に利用する栽培技術が求められます。そこで、水稲収穫後乾田状態での無機化される窒素量の多さを考えると、ハナミワセの水田裏作緑肥として利用が期待されます。ハナミワセは、10月中旬播種で、初期成育が旺盛であり、北関東では厳寒期までに圃場面を



写真1 水田裏作緑肥 ハナミワセの生育



写真2 水田でのハナミワセによるマット状の根の形成

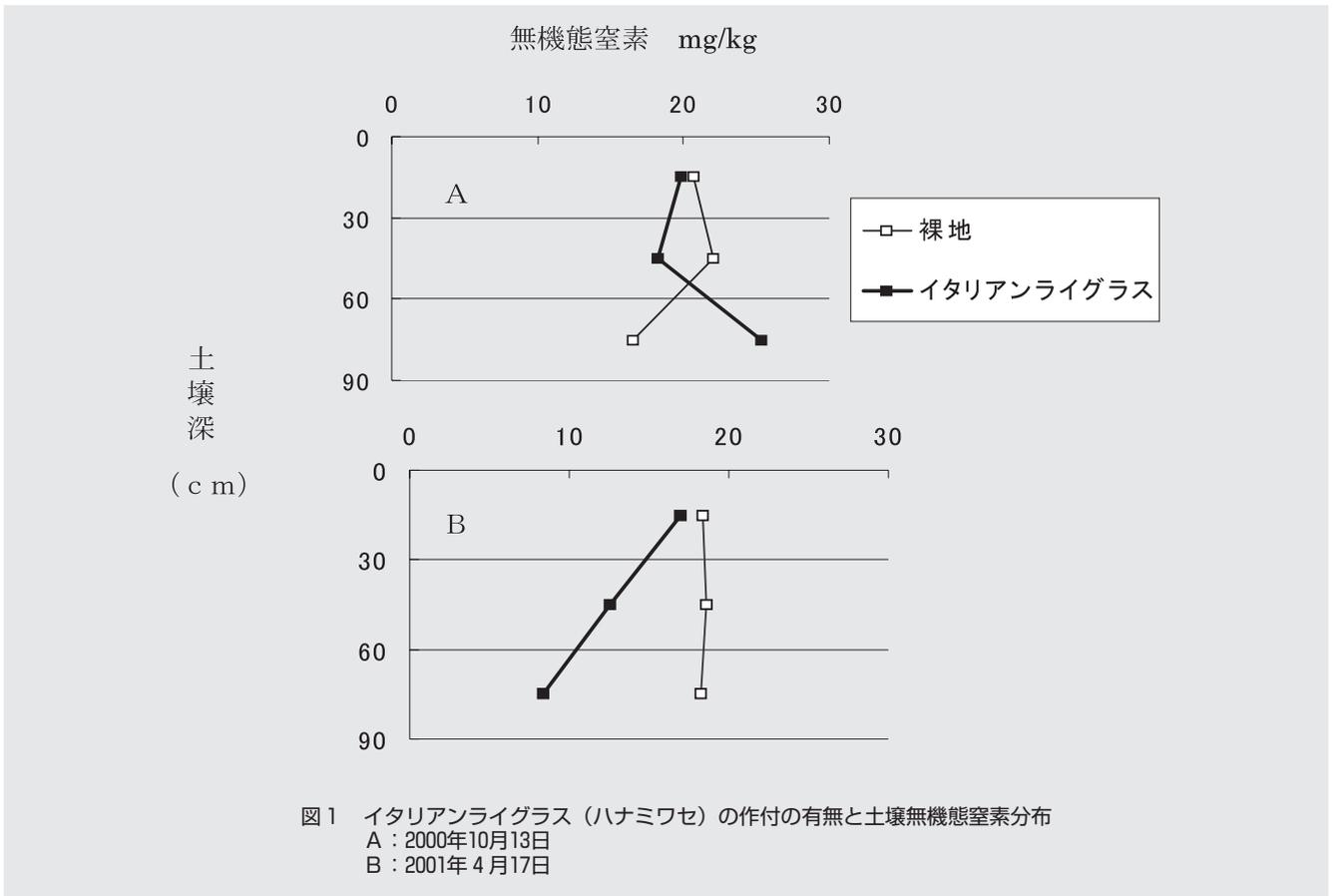


図1 イタリアンライグラス（ハナミワセ）の作付の有無と土壤無機態窒素分布
 A：2000年10月13日
 B：2001年4月17日

十分に被覆します（写真1）。2000年秋に播種したハナミワセは、翌春4月には448kg/10aの乾物重を確保し、これらには9.0kg/10aの窒素量が含まれていました。高松さんの一つの水田を、ハナミワセ作付区と裸地区とを分けて土壤無機態窒素含有量の分布をみると図1のとおりです。まず、ハナミワセ作付時での土壤無機態窒素の分布は、作付区および裸地区でほぼ同様の分布を示しました。しかし、翌年4月における土壤無機態窒素含有率は、裸地に比べ

てハナミワセ作付区で著しく低下しました。土層別にその差異をみると、作付区で裸地に対して土壤無機態窒素含有率が0-30cm土層で7.7%、30-60cm土層で32.8%、および60-90cm土層で54.3%減少することが認められました。とくにハナミワセのマット状に展開した根は、水田土壌の残留養分を吸収し、土壤構造を改善することが観察されました（写真2）。60cm以深の土壤無機態窒素は、栽培には利用できず、乾田であると硝酸態窒素が水路など

に溶脱し水質を低下させることが危惧されます。しかし、ハナミワセを作付する事で下層の土壤無機態窒素含有量を低下させ水質保全につながり、またこれらをすき込むことで後作水稻での窒素の再利用が図られるものと考えられます。

水田裏作緑肥とボカシ肥料の組合わせ

水田裏作緑肥の利用について農家が躊躇する場面がみられます。とくに裏作レンゲなどのマメ科緑肥とコシヒカリ栽培を組み合わせた場合、レンゲから放出される窒素成分がイネの出穂期以降に多くなり、倒伏や食味を低下させるからです。ハナミワセのすき込み前のC/N比は20であり、非常にバランスのとれたものです。これらは、マメ科のようにすぐに分解されずむしろ水田の地力を高める作用が強いと考えられます。

表1 ハナミワセの作付の有無と肥料体系の違いが水稻の生育に及ぼす影響

作付体系	肥料の種類	6月21日		8月1日	
		茎数(本/m ²)	草丈(cm)	茎数(本/m ²)	草丈(cm)
裸地	化学肥料	566	52.2	411	115.7
裸地	ボカシ	566	48.7	397	111.6
ハナミワセ	化学肥料	440	46.8	359	112.8
ハナミワセ	ボカシ	358	42.4	361	112.4

2001年のデータから作成。

高松さんの水田でハナミワセの作付の有無と化学肥料(化成肥料成分N:14%、P₂O₅:14%、K₂O:14%を40kg/10a散布)と米ぬか主体のボカシ肥料(成分N:3.7%、P₂O₅:2.3%、K₂O:1.6%を100kg/10a散布)とを組み合わせた水稻栽培(品種:コシヒカリ)を行いました。最高分けつ期(6月21日)では、作付体系別にみますと、草丈・茎数ともに裸地>ハナミワセであり、肥料別では化学肥料≧ボカシ肥料となりました(表1)。この傾向は、出穂期(8月1日)もほぼ同様に認められ、ハナミワセとボカシ肥料では水稻の生育が抑制的に推移しました。しかし、収穫期ではこれらの関係は逆転しました。すなわち、裸地+化学肥料は出穂期までは良好な生育を示しましたが、9月以降全面倒伏してしまい、登熟歩合の低下による減収となりました。これに対し、ハナミワセ+ボカシ肥料区の収量が最も高く、ついでハナミワセ+化学肥料と裸地+化学肥

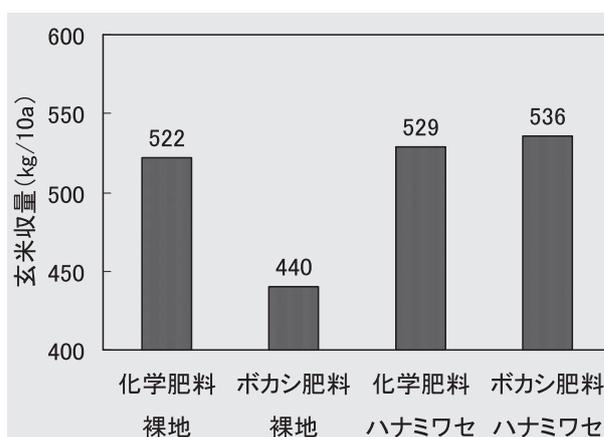


図2 ハナミワセの作付の有無と肥料体系の違いと水稻の収量

料が同等でありました。また、裸地+ボカシ肥料では収量は最も少なくなりました(図2)。

これらの2つの施肥体系での窒素投入量は、化学肥料体系で5.6kgN/10aでありボカシ肥料体系では3.7kgN/10aとボカシ肥料区が化学肥料区よりも34%も少ない点が注目されます。また、ボカシ肥料は高松さんの自家製肥料であるために、その生産コストを見積もると1,090円/10aとなり、化学肥料よりも10aあたり1,405円安く導入できることとなります。ボカシ肥料はハナミワセとの組み合わせで大きな威力を発揮することが認められましたが、これはボカシ肥料が水田土壌微生物に良好な影響を与え、ハナミワセの効果をプラスに変化させるものと考えられます。

ハナミワセの利用と水田の耕うん方法

ハナミワセの利用と水稻の生育は、水田の耕うん方法とも関係があります。ハナミワセ作付水田での水田プラウとロータリ耕によるすき込み方法の違いが水稻の収量に及ぼす影響を検討しました。この圃場では、肥料としてボカシ肥料を用いたほか、中間追肥として最高分けつ期前に化成肥料(成分N:14%、P₂O₅:14%、K₂O:14%)10kg/10aおよび消石灰40kg/10aを散布しました。この圃場での水稻(コシヒカリ)の生育を見るとすき込み方法の違いは、イネ生育に及ぼす影響は田植え当初から認められ、プラウ耕区でロータリ耕よりも生育が優れていました。収穫期ではプラウ耕区で1株あたり穂数を多く確保し、1株あたりの粒数も多くなり、水田プ

表2 ハナミワセすき込み水田での耕うん方法と水稻の収量

耕うん法	総数	粒数	登熟歩合	千粒重	収量
	本/株	粒/株	%	g	kg/10a
プラウ耕	23.1	1783	78.8	23.1	601.3
ロータリ耕	19.4	1711	78.4	23.0	555.0

2002年データから作成。

ラウの利用区により、ロータリ耕区よりも8%増収を示しました(表2)。

ハナミワセの残渣などの新鮮有機物のすき込みによる水稻への生育阻害については、水田土壤中で有機酸類の生成など、緑肥由来窒素の生育後半での増加による倒伏の問題などが指摘されています。この結果からみると、水田プラウによる水田裏作緑肥残渣のすき込みは、残渣分解に伴う様々な障害が水稻に及ぼす影響を回避できるものと考えます。

ハナミワセの利用での収量性と食味

これらの試験結果からハナミワセの水田裏作利用とコシヒカリの収量性は施肥管理によって十分に確保できました。次に、水田裏作緑肥の利用と水稻の食味への影響について検討をしました。この検討は2003年に行ないましたが、そのときの4月におけるイタリアンライグラスの乾物重は、259kg/10aを示しました。これらの吸収窒素量は、5.2kgN/10aでした。同圃場でボカシ肥料を用いて、水稻を栽培しましたが、その収量は、632kg/10aと高い値を示しました。その収量構成要素をみれば、1m²あたり穂数401本、粒数34.4×10³粒、登熟歩合80.0%、千粒重が23.0gでありました。

この玄米を用い、成分分析などの一般検査、サタケ食味計による精米食味検査ならびに炊飯米食味検査を実施しました。これにより3種の検査結果をもとに総合評価を実施した結果、一般検査評価値81、精白米食味評価値89および炊飯米食味評価値88と高く、総合評価において「非常によい」という「特A」の評価を得ました。とくに玄米タンパク含有量が6.2%と低く、粘度、硬さなどの食感も良好であったことが示されました。

この取り組みは2004年も実施し、収量は、550kg/10aであり、前年より減少しましたが、食味評価値は前年同様に「特A」の評価を得ました。2年間に



図3 ハナミワセ水田裏作利用実証試験の公開圃場案内板

わたるハナミワセの水田裏作緑肥の利用とコシヒカリの収量性や食味評価の結果から、本栽培法の有用性が実証されたものと考えます。

ハナミワセの水田裏作緑肥とボカシ肥料、さらには水田プラウの利用などの技術を導入することで、霞ヶ浦流域など水質保全に寄与し、またみどり一面の水田風景を春季に形成するために景観の面でも農村の活性化につながるものと考えます。また、ボカシ肥料をカバークロープと組み合わせることで、生産コストを低減することと同時にコシヒカリの収量性と食味向上をもたらしています。ここまでの過去4年間の経験では、ハナミワセ利用とボカシ肥料を組み合わせた体系は投入窒素量が少なく、このため耐病性や耐倒伏性の点でも優れていました。

現地での公開実証試験

ハナミワセを利用した良食味米の生産は地域の水環境の保全に役立ち、また肥料高騰の中でのコスト削減が可能であり、わが国における魅力ある稲作のひとつの姿であると考えます。この農法を地域の皆さんに理解していただくこと、2006年の秋から「ふるさと農地再生委員会」(代表:塩谷哲夫 東京農工大学名誉教授)を雪印種苗(株)、スガノ農機(株)および茨城大学農学部が連携して結成しました。同委員会では、地域の環境保全と調和しかつ経営的にもすぐれた農業技術を普及、啓蒙することを目標として

表3 水田収穫後の耕うん方法とハナミワセの生育

耕うん方法	発芽数 本/m ²	草丈 cm	乾物重 kg/10a
プラウ	77.1	49.5	233.4
ロータリ	66.5	39.2	194.7

2007年試験データから作成

います。図3に示すような看板を水田に設置し、ハナミワセの播種、生育から、水稲の田植え、生育管理および収穫まで作業を公開しました。月1回の公開作業日には地域農家や行政、研究者および報道機関の方々の参加を呼びかけ、ハナミワセを利用した農法についての理解をひろげました。

実証圃場では、2006年秋に水稲収穫後、ロータリ耕うん区と水田プラウ区を設置し、それぞれにハナミワセの作付けおよび無作付し、2007年にはコシヒカリを栽培しました。ハナミワセの出芽数は、プラウ区でロータリ区よりも16%増加しました。またハナミワセの草丈、乾物収量ともにプラウ区で増加しました。とくに、乾物収量は、プラウ区でロータリ区よりも20%増加しました(表3)。このことから、水稲収穫後の水田プラウはハナミワセの生育を向上することが認められました。

その後、ハナミワセをロータリですきこみ、コシヒカリを作付しました。水稲の生育は、7月中旬までをみると、ハネミワセ区では、草丈、茎数および葉色ともに増加しました。これに対し、出穂期では、茎数ではハナミワセ区で茎数が増加し、葉色値もやや増加傾向を示しました(表4)。

表4 ハナミワセの利用の有無と水稲の生育

緑肥	7月21日			8月9日		
	草丈 cm	茎数 本/株	葉色 SPAD	草丈 cm	茎数 本/株	葉色 SPAD
ハナミワセ	79.3	27	31.9	92.6	21.8	29.4
裸地	73.1	25	30.9	90.8	18.3	31.1
有意性検定	***	NS	NS	***	NS	**

1) 2007年試験データから作成

2) 有意性検定の結果は、***は0.1%水準、**は1%水準およびNSは有意差なしを示す。

表5 ハナミワセの利用と水稲の収量および玄米の品質

緑肥	穂数 (本/m ²)	わら重量 (kg/10a)	玄米収量 (kg/10a)	もみわら比 (%)	食味値	アミロース %	たんぱく質 %
ハナミワセ	397.0	488.6	552.6	58.3	82.0	18.4	6.0
裸地	337.3	483.2	451.3	52.4	81.7	18.5	6.1
有意性検定	NS	NS	NS	*	NS	NS	*

1) 2007年試験データから作成

2) 有意性検定の結果は、*は5%水準およびNSは有意差なしを示す。

水稲の収穫時の穂数をみると、出穂期とハナミワセ区で高くなりましたが、また、わら重量はともに同等でした。玄米収量は、穂数と同様に、ハナミワセ区で収量が高く認められ、もみわら比(収穫係数)についても、ハナミワセの利用によって有意に増加しました(表5)。サタケ式食味計による分析では、いずれの処理区でも有意な差異が認められませんでした。とくに、ハナミワセ区で高い食味値を示しました。とくに、ハナミワセの利用によって、玄米中のタンパク含有量がやや低下する傾向が認められました。

おわりに

以上の8年間にわたる結果を総括すると、ハナミワセを水田裏作に利用することで、地力の維持に必要な有機物を供給し、収量も10aあたり550kgを確保し、食味値も80以上を示しました。冬作において水田緑肥を利用することは、景観形成や土作りの視点で有望であり、かつ今後温暖化による地力の維持が大きな問題となる可能性があり、この点からも水田緑肥の利用したお米作りはますます重要な技術となる可能性が高いと考えられます。