研究資料

農家事例にみる緑肥を利用した水稻栽培

小松崎将一*・森泉昭治*・辜松**・安部真吾*・牟英輝*

*茨城大学農学部, ** (中国) 東北農業大学工程学院

A Case Study on Paddy Culture Utilizing Cover Cropping

Masakazu KOMATSUZAKI *, Shoji MORIIZUMI *, Song GU **, Shingo ABE * and Yinghui MU *

* School of Agriculture, Ibaraki University, ** North East Agriculture University (China)

1. 緒言

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るが、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る(田淵ら 1985, 田中靖 2001)。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(田中 2001)、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る(小川 2000)。著者の調査事例では、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を確認している(未発表)。そこで、水稻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る。

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ップとしての利用が行われている(長坂 2002, 上野 2003)。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、環境保全型的水稻栽培管理を志向している。この一方で、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も求められる。しかしながら、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る。

本報告では、茨城県牛久市の高松求氏的水稻作でのイタリアンライグラス (*L. italicum* A. Br.) の利用について事例報告したい。同氏は、緑肥の利用を作物栽培の基本として捉え、長年、緑肥を導入した栽培体系について実践を続けてきている。著者も同氏の技術から学ぶ事が多く、圃場調査や学生の見学などを通じて茨城大学農学部との教育・研究交流を実施している。同氏の緑肥利用の技術は、先進的であり、緑肥やカバークロップの利用が環境保全型農業の確立を考えていくうえで参考になるものとする。

2. 材料および方法

高松求氏が栽培管理している圃場の中で、2000 年 10 月から 2001 年 9 月までは茨城県牛久市柏田地内水田 30a (灰色低地土、腐植含有量 2.0%, 土壌全窒素含有量 0.34%, pH6.01, および EC 値 0.12mS/cm) にて、イタリアンライグラス (品種: ハナミワセ) の作付の有無および肥料の種類 (化学肥料およびボカシ肥料) を組み合わせ、圃場を 4 分割して水稻 (品種: コシヒカリ) を栽培した。また、2001 年 10 月から 2002 年 9 月までは同圃場にて、全面積にイタリアンライグラスを作付け、水稻栽培はボカシ肥料を用いた。

2000 年 10 月 12 日に水田用プラウにより耕起し、翌日、15a にイタリアンライグラスを播種 (播種量 4kg/10a) し、残りの 15a は裸地とした。播種後、ド

平成15年6月26日受付

平成15年11月8日受理

Corresponding author

小松崎将一 Masakazu KOMATSUZAKI

〒300-0393 茨城県稲敷郡阿見町中央 3-21-1

3-21-1, Chu-ou, Ami, Ibaraki 300-0393

E-mail: komachan@mx.ibaraki.ac.jp

ライブハローにより土壌混和し、2001年4月10日にロータリによりイタリアンライグラスのすき込みを行った。水稻作の元肥としてボカシ肥料（成分N：3.7%， P_2O_5 ：2.3%， K_2O ：1.6%）100kg/10aを利用した。ボカシ肥料は、籾殻、米ぬか、油粕を主体とした自給のものである。一方化学肥料区では、化成肥料（成分N：14%， P_2O_5 ：14%， K_2O ：14%）40kg/10aを施用している。移植苗は、4月15日に播種し、その後25日間育苗した稚苗を用いた。水田へは5月上旬に入水し代掻き、田植えを実施した。その後の6月に中干しを行い追肥は行わなかった。水稻の収穫は2001年9月20日に行った。

2001年から2002年については、10月12日に水田をロータリにより耕起し、イタリアンライグラス（品種：ハナミワセ）を10月15日に全面に播種した。播種後、ドライブハローにより土壌混和し、2002年4月12日にロータリによりイタリアンライグラスのすき込みを行った。水稻作の元肥としてボカシ肥料を100kg/10a利用している。育苗、代掻きおよび田植えは前年と同様に行った。しかし、前年の水稻の葉色の推移を参考にして、2年目では中間追肥として最高分け時期前に化成肥料（成分N：14%， P_2O_5 ：14%， K_2O ：14%）10kg/10aおよび消石灰40kg/10aを散布した。中干しなどは前年と同様に実施し、水稻の収穫は9月12日に行った。

イタリアンライグラスのすき込み前に、0.25m²のコドラートをを用い、サンプリングを各圃場3反復実施した。サンプルは65℃で72時間乾燥させ、乾物重を求めた後、ケルダール法によって窒素分析を行った。また、2001年においては、イタリアンライグラス作付区と非作付区とで0-90cmの土層において30cmごとにサンプリング3ヶ所ずつ行い、風乾後、土壌無機態窒素含有率を測定した。

水稻の収量は、各圃場3ヶ所を坪刈し、穂数、粒数、登熟歩合、千粒重および収量を測定した。

さらに、2002年産の柏田水田の玄米を用い、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た。この3種の検査結果を元に総合評価を実施した。

3. 結果および考察

2001年4月におけるイタリアンライグラスすき込み前の乾物重は、448kg/10aであり、吸収窒素量は9.0kgN/10aであった。土壌無機態窒素の分布は、イタリアンライグラス作付時において、作付区および

裸地区でほぼ同様の分布を示した（図1）。しかし、翌年4月における土壌無機態窒素含有率は、裸地に比べてイタリアンライグラス作付区で著しく低下した。土層別にその差異をみると、作付区で裸地に対して土壌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た。

このことにより、冬作期間中における水田土壌中の無機化窒素をイタリアンライグラスは吸収し、その間の土壌無機態窒素含有率を低下させたものと考えられる。冬作期間中の無機化窒素の動態は、湿田と乾田とは異なるが、イタリアンライグラスの作付によってこれらを吸収し、後作の生育に役立つ可能性が認められた。

これらの圃場に、化学肥料およびボカシ肥料を施用し、水稻を栽培した。最高分け時期（6月21日）においては、作付体系別にみると、草丈・茎数ともに裸地>イタリアンライグラスであり、肥料別では化学肥料 $\geq$ 有機ボカシ肥料となった（表1）。この傾向は、出穂期（8月1日）もほぼ同様であったが、処理間の差異は減少した。

収量をみると、茎数、わら重、もみ重、玄米重のいずれも裸地—化学肥料区がもっとも大きな値を示した（表2）。これに対し、ボカシ肥料のみが収量が

図1 柏田水田におけるイタリアンライグラスの作付の有無と土壌無機態窒素分布

A：2000年10月13日

B：2001年4月17日

注) ——— は、標準誤差を示す。

表1 柏田水田における水稻の生育経過 (2001)

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
イタリアンライグラス	化学肥料	440	46.8	359	112.8
イタリアンライグラス	ボカシ	358	42.4	361	112.4
有意性検定					
作付体系		***	**	*	NS
肥料		NS	**	NS	**
作付体系×肥料		NS	NS	NS	**

注：*, ** および *** は, 0.05, 0.01 および 0.001%水準で有意差があることを示す。

NSは有意差がないことを示す。

表2 柏田水田における水稻の収量 (2001)

作付体系	肥 料	茎数 (本/m ²)	わら重 (g/m ²)	もみ重 (g/m ²)	玄米重 (g/m ²)	もみわら比
裸地	化学肥料	392	935	825	653	0.89
裸地	ボカシ	375	791	584	440	0.74
イタリアンライグラス	化学肥料	374	746	688	529	0.92
イタリアンライグラス	ボカシ	371	760	691	536	0.91
有意性検定						
作付体系		NS	NS	NS	NS	***
肥料		NS	NS	NS	NS	*
作付体系×肥料		*	NS	*	*	*

注：*, ** および *** は, 0.05, 0.01 および 0.001%水準で有意差があることを示す。

NSは有意差がないことを示す。

最も少なくなった。一方、イタリアンライグラスすき込み+化学肥料においては化学肥料のみに比べて減収したが、その原因として、登熟期間中の倒伏が認められた。また、作付体系と肥料の種類には交互効果が認められた。すなわち、裸地区では有機ボカシ肥料区に比べて化学肥料区で収量が増加したのに対し、イタリアンライグラスすき込み区では、化学肥料利用に比べ有機ボカシ肥料利用で若干増収している。これに対し、もみわら比は、イタリアンライグラス区で高く、裸地で低くなった。

イタリアンライグラス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、水田土壤中では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る(橋爪 1995)。しかし今回の結果から、イタリアンライグラス利用の有無と肥料の種類とで交互効果が認められたことから、肥料の種類によってイタリアンライグラスのすき込みの効果が異なることを示している。

田中綱 (2001) は、水田においてわら類などの分解に伴い生成された有機酸類が、有機物を連用している圃場では速やかに分解されることを報告し、前作有機物が後作で速やかに利用されるには、微生物の微妙な働きが作用することを考察している。ボカシ肥料が水田土壌微生物にどのような影響を与えているのかは今回の調査からは不明であるが、ボカシ肥料利用体系でイタリアンライグラスの効果をプラスに変化させた点で、この原因追及には微生物相など調査と合わせて検討する必要があるものと考えた。

2002年4月におけるイタリアンライグラスの乾物重は、259kg/10aを示した。これらの吸収窒素量は、5.2kgN/10aであった。同圃場でボカシ肥料を用いて、水稻を栽培したが、その収量は、632kg/10aと高い値を示した。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であった。

2001年と2002年での大幅な収量増加の原因の一つとして、2002年において最高分け時期前に実施し

た化学肥料による追肥の効果が考えられる。両年での平均気温をみるとは、2001年は、5月から7月にかけて平年より2℃ほど高く推移し、2002年では平年並みに推移しているが（図省略）、両年において気候的な大きな差異は見当たらない。したがって追肥のみの効果で著しい増収が図られたとは断定できないが、イタリアンライグラスおよびボカシ肥料を利用した体系での化学肥料の中間追肥技術により、一般に低収および倒伏を招きやすいとされる水田での緑肥利用において、増収を示したことは極めて興味深い。

2002年産の玄米を、食味分析した結果、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」の評価を得ている（表省略）。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た。

高松氏の水田での緑肥利用の取組みは、冬作においてイタリアンライグラスを栽培し、冬期間中の土壌窒素を回収し、後作水稻にて再利用する窒素のリサイクルを構築すると同時に、自給可能なボカシ肥料施肥による低コスト化、および食味の高い高品質生産を実現している。このことは、地域の環境保全と農業生産性の向上とが調和する農業経営のあり方について多くの示唆を与えるものと考えられる。また、水田の休閑期間中における窒素の溶脱が流域の水質低下に影響を及ぼす地域では、冬作のイタリアンライグラスの作付により、溶脱防止にも効果が期待される。

筆者らの経験では、カバークロップすき込みによるイネの初期生育阻害、生育後期の窒素放出による倒伏や食味値の低下など様々な障害があることが認められる。その一方で、高松氏のようにボカシ肥料

や追肥を中心とする施肥法などの絶妙な管理技術により水田でのカバークロップのもつ力を有効に活用しようとする先進農家に学ぶべき点がおおいものとする。高松氏の取組みは、年次間の反復など今後、十分に再現性についての検証が必要である。また、なぜ食味向上を示したのかなど、綿密な要因試験により検討しなければならない点も多い。しかしながら、このような先進事例に学びながら、地域の環境保全と生産性向上というある意味で相矛盾した問題に対して、現実的なアプローチを図ることが現代の農業において重要であるとする。

本研究は、牛久市高松求氏の緑肥研究への取組みに賛同した、スガノ農機(株)、雪印種苗(株)および茨城大学との地域連携で進められた課題である。関係各位に深く感謝の意を表したい。

文 献

- 橋爪 健 (1995)：緑肥を使いこなす，農文協，東京，p87-98。
- 長坂義禎・金谷 豊・梅田直円・谷脇 憲・大谷隆二・重田一人・藤井義晴・堀元栄枝・藤本寛 (2002)：植生マルチ被覆田への水稻機械移植，農作業研究，37(別1)：79-80。
- 小川吉雄 (2000)：地下水の硝酸汚染と農法転換，農文協，東京，p104-116。
- 田中絹代 (2001)：未熟わらの施用による水稻の初期生育抑制，農業技術，56(11)：506-510。
- 田中靖志 (2001)：滋賀県における水田からの汚濁負荷軽減に向けた取組み，農業技術，56(6)：251-256。
- 上野秀人・鈴木孝康・本莊陽一 (2003)：カバークロップを利用した水稻栽培と窒素・炭素循環，農作業研究，38(別1)：175-176。