

研究論文

黒ボク土壌水田での裏作カバークロップの 窒素吸収量と土壌窒素の動態

小松崎将一

茨城大学農学部附属フィールドサイエンス教育研究センター

Nitrogen Uptake by Cover Crops and Inorganic Nitrogen
Dynamics in *Andisol* Paddy Rice Field

Masakazu KOMATSUZAKI

Ibaraki University, College of Agriculture

1. 緒言

水田のもつ環境保全機能について、かんがい水の水質浄化や地力の涵養などの側面から注目されている。とくに、水田は、流域内においてかんがい水を取り入れ排水する水利用の中で、土壌中の窒素成分に脱窒作用が働くことが指摘されている(小川 2000)。田淵・高村(1985)は、水田における窒素収支を調査した結果、かんがい水よりも水田からの排出水で窒素濃度が低下し、水田は窒素吸収機能があることを指摘している。水田における脱窒作用は、易分解性有機物の供給の多い表層で多く認められ、畑地からの地下水中の硝酸態窒素が高濃度であっても、それらが水田に湧出すると脱窒作用により窒素濃度が低下することが指摘されている(小川 2000)。

このような水田のもつ水質浄化機能についての多くは、水稲栽培期間中のみに注目したものであり、水稲栽培後の圃場管理方法と環境への影響についての研究は多くない。水稲栽培後の土壌窒素の動態をみると、乾田と湿田では異なる動態を示すことが知られている。グライ層が存在する谷津田などの湿田では、非栽培期間中においても脱窒

による窒素浄化機能を有することが指摘されている(田淵ら 1983)。これに対し、琵琶湖流域では、非水稲栽培期間中において乾田状態であるため土壌窒素の無機化が進行し、それらが流出し環境負荷源となることが指摘されている(田中 2001)。

水田における畑地化などの総合利用や大型機械利用促進のために圃場整備が進められ、湿田の乾田化が進行してきた。特に水田転作を視野に入れ圃場整備された水田では4時間雨量4時間排除を可能とする圃場排水施設を装備し、常時地下水位を90 cm以下にしている。このような水田においても現実には水稲単作で利用され、水稲栽培後では休閑裸地のままの圃場が多く認められる。

環境負荷源として水稲非栽培期間中の水田からの窒素溶脱は、それぞれの流域の状況により注目の度合いが異なる。すなわち、琵琶湖流域においては森林面積が大きく、湖水の窒素濃度が低いレベルであることから、水田からの非かんがい期の窒素溶脱が負荷とみなされる場合があるが、市街地、あるいは畑地などが多い霞ヶ浦流域の場合では、湖水の窒素レベルが高く、非かんがい期の水田からの窒素の溶脱は、他の負荷源とくらべて注目の度合いが少ない。

しかしながら、水稲作での化学肥料の施肥量削減に関心が高まる中で、水稲休閑期間中の残留養分の溶脱あるいは脱窒による減少を防ぎ、これらの土壌中の置換性アンモニア態窒素と硝酸態窒素を有効に活用する手法が注目されている(小松崎ら 2004, 小松崎 2008)。これらの養分が耕地内に

平成 21 年 6 月 2 日受付

平成 21 年 8 月 22 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, Chuou, Ami, Inashiki, Ibaraki, 300-0393, Japan

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

留まることができれば、流域内の負荷削減や翌年の水稲栽培での再利用が図られることとなり、効率的な土壌中の置換性アンモニア態窒素と硝酸態窒素管理となるものと期待される。

土壌窒素の回収および再利用については、イネ科のカバークロップが注目される (Ditsch and Alley 1991, 辜ら 2004)。イネ科のカバークロップとしては、ライムギ (*Secale cereale* L.)、エンバク (*Avena sativa* L.)、コムギ (*Triticum aestivum* L.)、イタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* Lam.) などが利用され、これらは残留窒素の吸収能力が高く、冬作において $40\sim 100\text{ kg N ha}^{-1}$ の土壌残留窒素を吸収することが報告されている (Shipley *et al* 1992, Kessavalou and Walter 1999)。しかし、これらの研究は畑作を対象として行われたものであり、水田裏作での利用については検討事例が少ない (小松崎ら 2004, 小松崎 2008)。また、水田裏作カバークロップの生育期間としては、現行での水稲栽培作業体系との適合性を考えると、関東地域では3月から4月になるが (小松崎ら 2004)、これらの栽培期間の変動がカバークロップの生育や窒素吸収量に及ぼす影響については知見が少ない (小松崎ら 2004, 小松崎 2008)。

本研究では、水稲栽培後にイネ科のカバークロップを栽培し、カバークロップの種類と土壌窒素の吸収量を比較し、これらの地上部での窒素動態とあわせて土壌無機態窒素の動態について調査した。これにより耕地内土壌窒素の最適管理という視点から水田での環境保全的な土地利用システムに関する基礎資料を得ることを目的とした。

2. 材料および方法

試験は、茨城大学農学部附属農場水田 (黒ボク土壌) にて2000年10月から2001年4月までおよび2001年10月から2002年4月まで実施した。いずれの試験圃場も前作に水稲 (*Oryza sativa* L.; 品種 コシヒカリ) を栽培し、施肥量は、N: 42 kg ha^{-1} 、 P_2O_5 : 60 kg ha^{-1} 、 K_2O : 42 kg ha^{-1} としたが、毎年圃場を変えて実施した。試験は、カバークロップ作付の種類を5水準および土壌窒素レベルを2水準とした。イネ科カバークロップとしてライムギ (品種 緑春)、エンバク (品種 ヘイオーツ)、ライコムギ (*Triticum secale* L.; 品種 ライコッコ)、コムギ (品種 農林61号) を作付けし、対象区として裸地を設けた。土壌窒素レベル

は水稲収穫後の無施肥 (0 kg N ha^{-1}) および硫酸を施肥した施肥区 (50 kg N/ha) とした。これらの処理を分割試験区設計により、主要因として裸地を含めた裏作管理の種類5水準を設定し、副要因として窒素レベル2水準を設定し、4反復で設定した。1区画の面積は 50 m^2 ($5\text{ m}\times 10\text{ m}$) である。

水稲収穫後、2000年10月にロータリ耕うんにより整地し、同年10月31日に硫酸を高レベル区のみ散布した。その後降雨を待って、11月14日にカバークロップを播種した。播種量は、ライムギ、コムギ、エンバクおよびライコムギともに 100 kg ha^{-1} とし、散播した。2001年は、硫酸を10月20日施肥し、カバークロップを同年11月2日に播種した。裸地区では、水稲収穫後にロータリ耕うんを行ったために雑草は翌春になっても発生しなかった。

カバークロップのサンプリングは、2001年3月9日および4月16日、2002年3月8日および4月17日に実施した。カバークロップの乾物重は、カバークロップ刈取時に、 0.25 m^2 の区画を刈取り、 80°C で72時間乾燥させて求めた。また、カバークロップの窒素吸収量はケルダール法にて求めた。試験期間中の土壌サンプリングは、検土丈を用いて、カバークロップ播種後および作物サンプリング後の翌日に実施した。採土深さは0から90 cm とし、それぞれの区画ごとに2ヶ所採取し、それらを混和した。土壌サンプルは室内で風乾後、 1 mol l^{-1} のKCl溶液にて土壌中の置換性アンモニア態窒素と硝酸態窒素を抽出し、デバルダ合金法により土壌無機態窒素含有量を求めた。

カバークロップ地上部による窒素回収率 (NUE; Nitrogen Use Efficiency) は、以下の式から算定した。

$$\text{NUE} = \frac{\text{CN}_{\text{high}} - \text{CN}_{\text{low}}}{\text{N}_{\text{input}}}$$

ここで、 CN_{high} は窒素施肥区でのカバークロップ窒素吸収量 (kg N ha^{-1})、 CN_{low} は、無窒素施肥区でのカバークロップ窒素吸収量 (kg N ha^{-1}) であり、 N_{input} は、カバークロップ播種前の窒素施肥量 (kg N ha^{-1}) を示す。

データの処理は、統計ソフト (SAS System) により、GLM プロシージャで分散分析を行い、有意水準5%でカバークロップの種類および土壌窒素レベルがカバークロップの生育および土壌無機

態窒素含有率の推移などに及ぼす影響について検定を行った。

3. 結果

試験期間中の月別の降水量をみると、2001年では2000年に比べカバークロップ播種期で降水量が多くなり、また、3月以降をみると2002年で平年よりも降水量が多くなった。平均気温をみると、10月から12月までのカバークロップ生育前期(11月～12月)では2001年が2002年比べて1℃高く推移したが、1月から3月までは2002年で2001年よりも2℃から3℃高く推移した(図1)。

1) カバークロップの生育と窒素吸収量

カバークロップの種類および土壌窒素レベルがカバークロップの生育に及ぼす影響についての分散分析結果をみると、2001年3月では、カバークロップの種類による影響が乾物重および窒素吸収量について有意な差異が認められたが、土壌窒素レベルが乾物重と窒素吸収量に及ぼす影響については有意な差異が認められなかった(表1)。しかし、4月では、乾物重および窒素吸収量についてカバークロップの種類および土壌窒素レベル間に有意な差異が認められた。また、乾物重については、カバークロップの種類と土壌窒素レベルの交互作用が認められた。

2002年では、ほぼ前年と同様の傾向を示し、3月および4月においてカバークロップの種類および土壌窒素レベルで有意な差異が認められた。しかしながら、2002年のライムギの乾物重は2001年に比べて著しく減少しており、播種時の降雨に

よる加湿な土壌条件が2002年のライムギの生育に影響を及ぼしたものと考えられる。

カバークロップの乾物重は、2001年3月でいずれの種類も0.5 Mg ha⁻¹以下であったが、裸地区では冬期間に雑草の発生は認められず乾物重は0 Mg ha⁻¹となった(図2左)。4月では、カバークロップの種類別ではライムギがもっとも多くの乾物重を確保し、土壌窒素レベルを平均して5.1 Mg

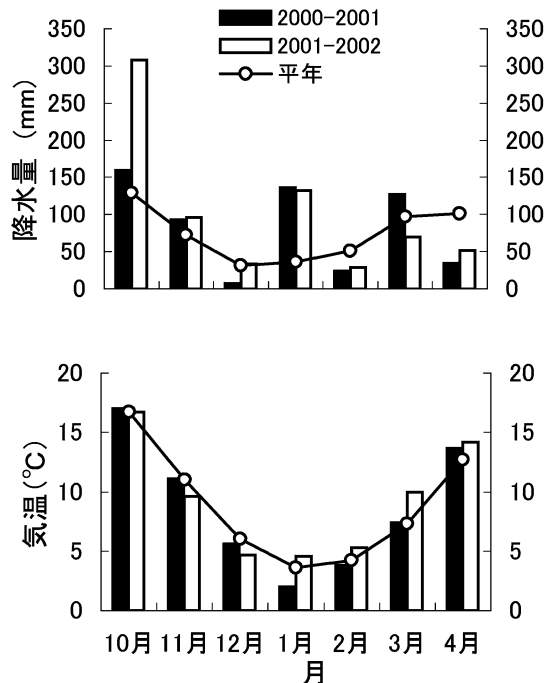


図1 試験期間中の月別平均気温と月別降水量の推移

注) 図中の平年値は、1979～2000年までの平均値とした。

表1 作付の種類および土壌窒素レベルがカバークロップの生育に及ぼす影響に関する分散分析の要約

処理	df	乾物重	窒素吸収量	乾物重	窒素吸収量
2001					
3月9日					
カバークロップ (C)	4	***	***	***	***
土壌窒素レベル (N)	1	NS	NS	**	**
C×N	4	NS	NS	*	NS
4月16日					
カバークロップ (C)	4	***	***	***	***
土壌窒素レベル (N)	1	***	***	***	**
C×N	4	NS	NS	NS	NS
2002					
3月8日					
カバークロップ (C)	4	***	***	***	***
土壌窒素レベル (N)	1	***	***	***	**
C×N	4	NS	NS	NS	NS
4月17日					
カバークロップ (C)	4	***	***	***	***
土壌窒素レベル (N)	1	***	***	***	**
C×N	4	NS	NS	NS	NS

注) *, **および***はそれぞれ5%, 1%および0.1%水準で有意差があることを示す。

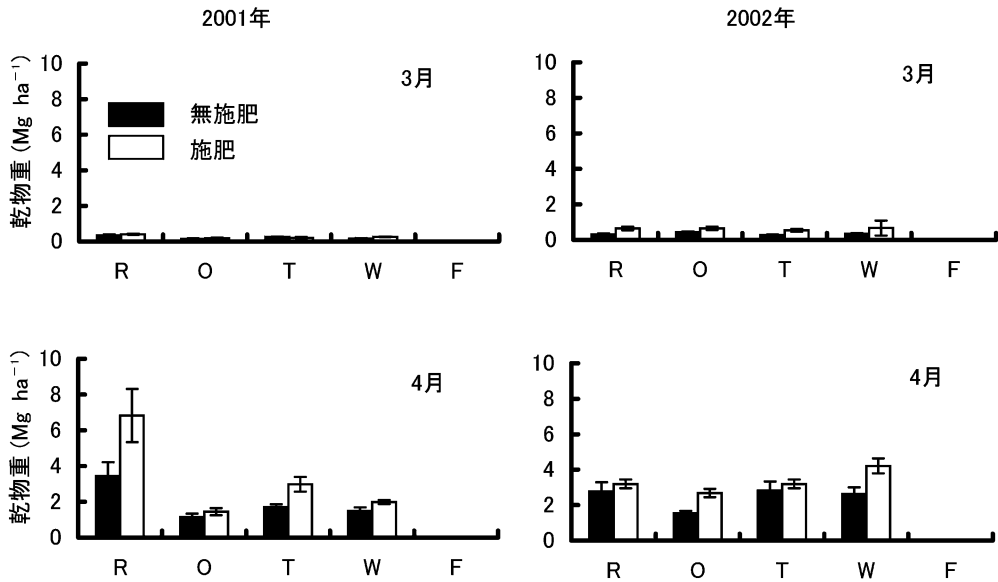


図2 刈取時期と土壤窒素レベル間におけるライムギ (R), エンバク (O), ライコムギ (T), コムギ (W) および裸地 (F) での乾物重の差異
 (注) 縦棒は標準誤差を示す。

ha⁻¹を確保した。次いでライコムギが2.3 Mg ha⁻¹であり、コムギとエンバクでは1.3~1.7 Mg ha⁻¹となりライムギの20%程度であった。また、土壤窒素の増加によりカバークロップの乾物重は著しく増大し、カバークロップの種類を平均してみると無施肥で1.9 Mg ha⁻¹に対し、施肥区で3.3 Mg ha⁻¹と増加した。

これに対し、2002年3月では前年と同様の傾向を示したが、4月をみると、ライムギとライコムギで前年より低い値を示したのに対し、エンバクとコムギでは若干増加した(図2右)。カバークロップ種類別に見ると、土壤窒素レベルを平均して、コムギが最も大きい乾物重を示し(Ave.=3.4 Mg ha⁻¹)、次いでライムギおよびライコムギであり(Ave.=3.0 Mg ha⁻¹)、エンバクで2.1 Mg ha⁻¹に留まった。また、裸地区では雑草の発生は認められなかった。

カバークロップの窒素吸収量は、2001年3月ではライムギがもっとも大きい値を示し、土壤窒素レベルを平均して14 kg N ha⁻¹を示し、ライコムギとコムギでは7 kg N ha⁻¹であり、エンバクでは5 kg N ha⁻¹に留まった(図3左)。これに対し、4月ではライムギで65 kg N ha⁻¹と増加し、ライコムギで58 kg N ha⁻¹を示し、コムギとエンバクで

は36 kg N ha⁻¹となった。また、土壤窒素レベルによって窒素吸収量は増大し、カバークロップの種類を平均してみると無施肥で35 kg N ha⁻¹に対し、施肥区で62 kg N ha⁻¹と増加した。

2002年3月では、カバークロップの窒素吸収量は前年よりも少ない値を示したが、カバークロップの種類間では大きな差異が認められなかった。窒素吸収量はエンバクでもっとも多く、次いでライムギとコムギであり、ライコムギとなったが、これらの値の範囲は土壤窒素レベルを平均すると12.2~9.8 kg N ha⁻¹となった(図3右)。4月では、コムギがもっとも多くの窒素吸収量を示し、次いでライムギとライコムギであり、エンバクではやや低い値を示した。また、土壤窒素レベルに応じてカバークロップの窒素吸収量は著しく増加した。

地上部による窒素回収率は、2001年3月では0~0.08と低い値であったが、4月ではライムギで0.86ともっとも高く、次いでライコムギで0.73であり、エンバクとコムギでは0.23~0.35と低くなった(図4左)。2002年3月では、ライムギが0.16と最も高く、次いでコムギおよびライコムギであり、エンバクでは0.05に留まった。4月では前年と同様にライムギで最も高く、次いでライコ

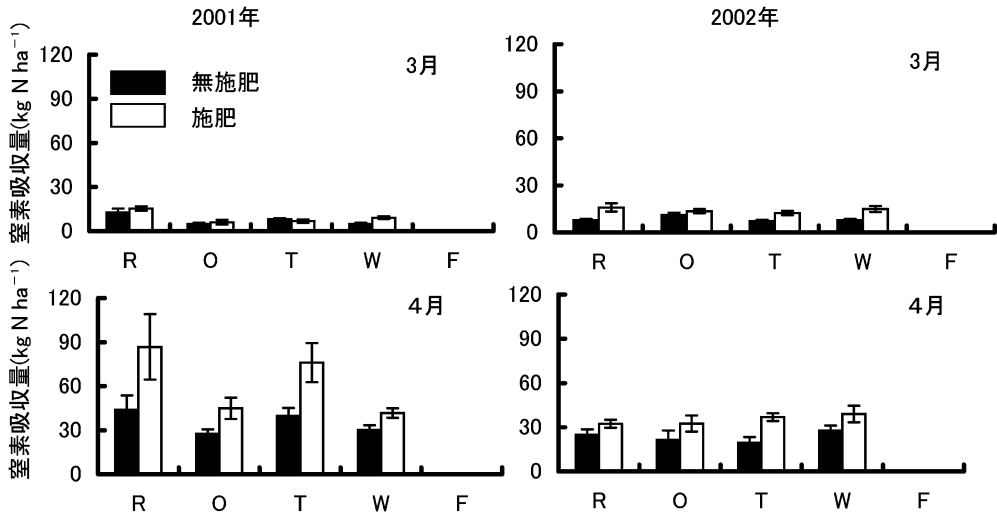


図3 刈取時期と土壌窒素レベル間におけるライムギ (R), エンバク (O), ライコムギ (T), コムギ (W) および裸地 (F) での吸収窒素量の差異
注) 縦棒は標準偏差を示す。

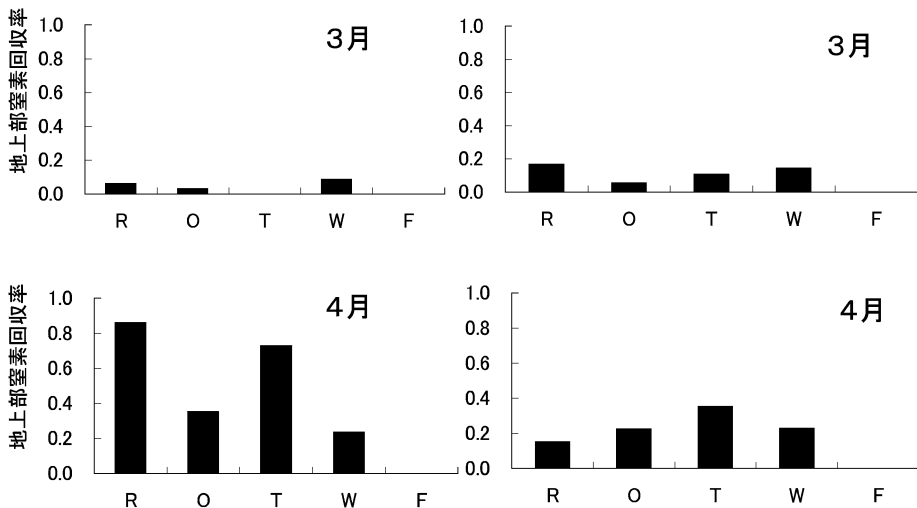


図4 刈取時期と土壌窒素レベル間におけるライムギ (R), エンバク (O), ライコムギ (T), コムギ (W) および裸地 (F) での地上部窒素回収率の差異

ムギであり、コムギおよびエンバクでは0.23～0.35に留まった(図4右)。

2) 土壌無機態窒素含有率分布の推移

秋耕後に散布した窒素肥料により、2000年では施肥区では無施肥区よりも2～4 mg N kg⁻¹の差異が認められた。また、2001年においては、表層での差異は認められなかったが、30 cm以深の土

層で5～10 mg N kg⁻¹の窒素含有率の上昇が認められた(図5)。

カバークロップの種類と土壌窒素レベルが土壌無機態窒素分布に及ぼす影響をみると、2001年3月において0～30 cmの表層で土壌窒素レベルによる有意差が認められ、4月では表層でカバークロップの種類および土壌窒素レベルで有意差が認められた。30～60 cmでは土壌窒素レベルによる

差異が認められ、裸地に比べてカバークロップ処理区で土壤無機態窒素含有率が低下した(表2)。しかし、2002年ではいずれの刈取時期においても有意な差異が認められなかった。

3月における土壤無機態窒素分布をみると、2001年3月では、表層で土壤窒素が無施肥に比べて施肥区において約8 mg N kg⁻¹ほど高い値を示した(図6)。2001年4月における0-30 cmの土壤でのカバークロップ間での最小有意差は7.46 mg kg⁻¹であり、窒素レベル間では、4.78 mg kg⁻¹であり、これらの土層では処理間での有意な差異が認められた。また、30 cm-60 cmでは窒素レベルでの最小有意差は5.33 mg kg⁻¹であった。カバークロップの種類別にみると、土壤窒素レベルを平均して、4月における表層では、裸地区で24.8 mg kg⁻¹と最も高く、次いでエンバクであり、ライムギ、ライコムギおよびコムギでは11~14 mg/kgと低い値を示した。また、土壤窒素レベルでは無施肥に比べて6 mg N/kg高い値を示した。これに対し、2002年では処理間において有意な差異が

認められなかったが、裸地区でカバークロップ区よりも高い値を示す土層が多く認められた。

4. 考察

畑作において残留窒素の吸収を目的として作付したイネ科カバークロップについては多くの報告があり、カバークロップの種類や管理方法によってその吸収能力は著しく異なることが指摘されている(Ditsch and Alley 1991)。Komatsuzaki and Wagger (2001)は、数種のイネ科カバークロップを用いて播種および刈取時期を変えて残留窒素の吸収能力を比較したが、播種時期が早いほどあるいは刈取時期が遅れるほど窒素吸収量が増加することを明らかにしている。

イネ科のカバークロップの播種は11月上旬までに行えば翌春には十分な生育を示すことから、水田裏作として作付体系に無理なく取り入れることができる。しかし、刈取時期については、翌春の水稲移植前までのどの時期に行うことが最善なのかは導入農家の作業体系や後作のイネの生育とあわせて検討する必要がある。

今回の実験結果においても生育期間が長くなるにつれて著しく窒素吸収量は増加し、3月の刈取時期に比べ2001年4月では4.7から7.7倍に増加し、また2002年4月では2.2~2.9倍に増加しており、4月まで水田にカバークロップを生育させることで、水田土壤の無機化窒素の吸収に効果を発揮することが認められた。

水田においては、水稲生育期間に十分な温度や日射量が確保できない年には、施肥量に比べてイネの窒素吸収量が著しく少なく、土壤中に多くの窒素残留が認められることが営農指導の場面では

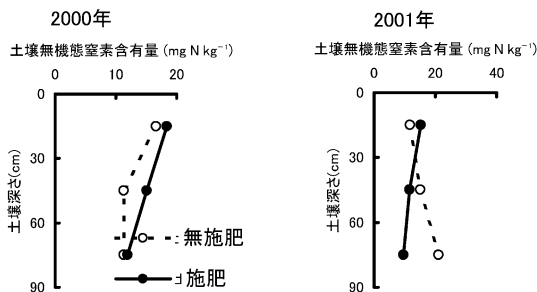


図5 カバークロップ播種時期における土壤無機態窒素分布

注) 土壤無機態窒素含有量は、乾土あたりで示した。

表2 作付の種類および土壤窒素レベルが土壤無機態窒素の分布に及ぼす影響の関する分散分析の要約

処理	df	3月			4月		
		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
2001							
カバークロップ (C)	4	NS	NS	NS	*	NS	NS
土壤窒素レベル (N)	1	*	NS	NS	**	*	NS
C×N	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS
2002							
カバークロップ (C)	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS
土壤窒素レベル (N)	1	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C×N	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS

注) *および**はそれぞれ5%および1%水準で有意差があることを示す。

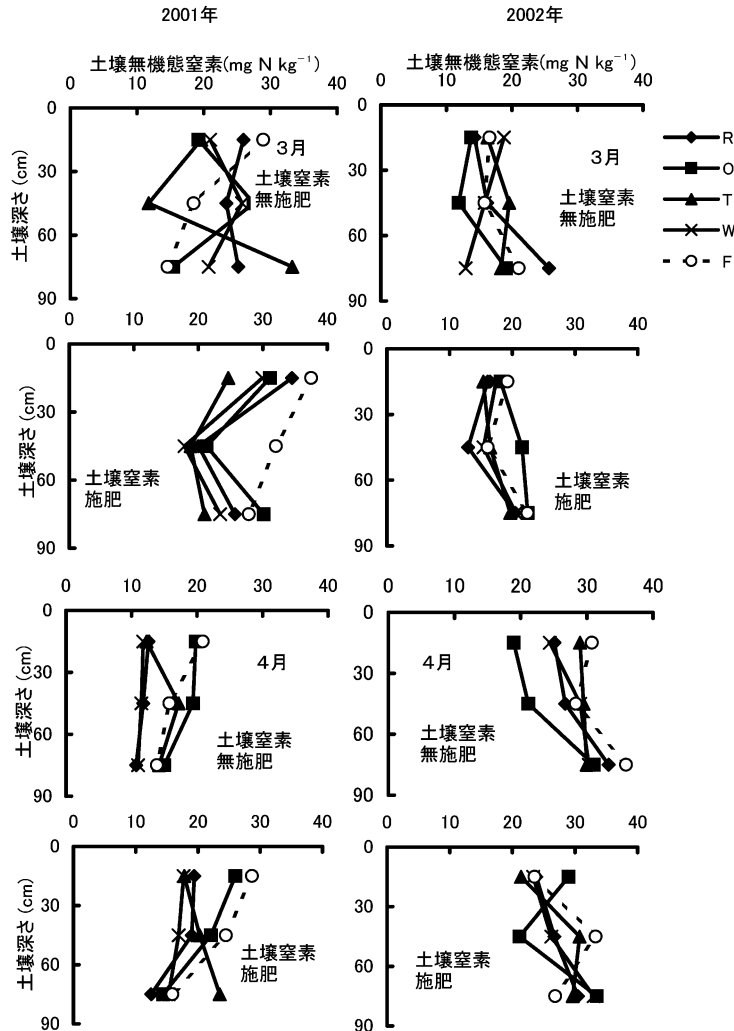


図 6 刈取時期と土壌窒素レベル間におけるライムギ (R), エンバク (O), ライコムギ (T), コムギ (W) および裸地 (F) の土壌無機態窒素含有率の差異
注) 土壌無機態窒素含有量は、乾土あたりで示した。

指摘されている(農家聞き取りによる)。これらの残留窒素は、翌年の水稲栽培においては、過剰な肥料となることが多く、倒伏や米の品質面へ及ぼす影響について危惧されている。今回の実験結果ではイネ科カバークロップの窒素吸収量は、土壌窒素レベルに応じて増加することから窒素肥料の残留が多いときにそれらの回収に威力を発揮することが認められた。

イネ科カバークロップの窒素吸収量は、種類によって異なり、また試験年によっても異なった。2001年では、ライムギおよびライコムギで窒素吸収量が多く、2002年ではカバークロップ種類間に

よる差異は2001年に比べ微小に留まり、コムギでやや高い窒素吸収量を示した。これらの試験年による差異は乾物重についても同様に認められることから、試験年における天候などの差異がカバークロップの生育に影響を及ぼしていることが考えられた。2002年は2001年よりも1月から4月にかけて気温が高く推移している。コムギは、暖冬年ほど生育が早まることが指摘されているが(Sustainable Agriculture Network, 1998)、これにより2002年のコムギの生育量が2001年に比べて増加したことが考えられる。これに対し、ライムギは、耐寒性に強いことが指摘されており

(Sustainable Agriculture Network. 1998), 2001年のような低温時に他のカバークロップよりも旺盛な生育を示すことが認められた。

Osmond *et al.* (2000) は、イネ科カバークロップ種類別の窒素吸収能力は、ライムギ \geq ライコムギ $>$ コムギ $>$ エンバクとしているが、Komatsuzaki and Wagger (2001) は、播種期における高い土壌水分や春季の高温により、コムギとライコムギの窒素吸収能力は同等となることを指摘している。とくにライムギは湿害に弱く (Sustainable Agriculture Network. 1998), 2001年10月の多雨状況においてはライムギの生育に影響があったものと考えられる。これらのことから今回の試験結果においてもコムギの吸収窒素能力は、暖冬年にはライムギを越える能力を示したものと考えられる。

このようなカバークロップ種類による窒素吸収量の差異は、カバークロップの地上部では有意な差異が認められるのに対し、土壌中での無機態窒素の分布には有意な差異とならなかった。非かんがい期における水田土壌中の窒素動態については、無機化した土壌窒素はカバークロップの窒素吸収以外に土壌中で有機化、脱窒、あるいは溶脱することが知られている (田中 2001). 幸ら (2004) は、畑作においてカバークロップの作付と土壌窒素動態を比較し、カバークロップの窒素吸収量に応じて土壌無機態窒素が減少することを認めている。しかし、水田では畑に比べて脱窒が多いことから、カバークロップの作付により、地上部窒素吸収量は大きく変化するのに対し、無機態窒素の動態は緩慢な変化をみせるものと考えられる。

カバークロップが吸収した窒素成分は、春季に土壌すき込みなどの還元により一定量は後作水稻の生育に寄与することが期待される (小松崎 2008). 上野 (2004) は、水田裏作カバークロップの吸収窒素の多くは脱窒などにより空中に揮散するが、後作水稻への窒素移譲はカバークロップの種類や還元方法によって異なることを報告している。また、カバークロップの還元によって水稻の生産性や品質の低下について危惧されるが、農家事例では施肥法改善によりある程度の生産性と品質を確保できることが報告されている (小松崎ら 2004, 小松崎 2008).

カバークロップの吸収した窒素量は、土壌窒素が無施肥においても 20~40 kg ha⁻¹ の窒素成分

を保持していることから、これらの後作での有効活用は施肥量削減の視点から注目されるものと考ええる。今回の研究では、カバークロップが吸収した窒素成分の後作水稻へ寄与については言及していないが、今後、カバークロップ吸収窒素の有効利用については検討していきたい。

また、今回の調査においては、カバークロップを圃場に還元することを目的として実施したが、これらのカバークロップを成熟期まで生育させ収穫することも農家が収益を得る手法となる。その場合、適切な時期に追肥を組み合わせることで水田からの窒素溶脱を防ぎ、麦類の収穫量を向上させることも可能であると考えられる。

5. 摘要

茨城大学農学部附属農場 (黒ボク土壌) において、2000~2001年および2001~2002年にわたり、水稻栽培後にイネ科のカバークロップを栽培し、カバークロップの種類と土壌窒素の吸収量を比較した。イネ科カバークロップとしてライムギ、ライコムギ、コムギ、エンバクおよび裸地圃場を設定した。これらの地上部での窒素動態とあわせて土壌無機態窒素の動態について調査した。耕地内土壌窒素の最適管理という視点から水田での環境保全的な土地利用システムに関する基礎資料を得ることを目的とした。

- 1) カバークロップの乾物重は、両試験年ともに3月でいずれの種類も 0.5 Mg ha⁻¹ 以下であった。2001年4月では、カバークロップの種類別ではライムギがもっとも多く乾物重を確保し、次いでライコムギが 2.3 Mg ha⁻¹ であり、コムギとエンバクではライムギの 20% 程度であった。これに対し、2002年4月ではコムギが最も大きい乾物重を示し、次いでライムギおよびライコムギであった。また、土壌窒素レベルによって乾物重は著しく増大した。
- 2) カバークロップの窒素吸収量は、2001年3月および4月ではライムギがもっとも大きい値を示し、次いでライコムギとコムギであり、エンバクではライムギの 36~55% に留まった。2002年3月では、カバークロップの窒素吸収量は前年よりも少ない値を示したが、カバークロップの種類間では大きな差異が認められなかった。また、土壌窒素レベルによって窒素吸収量は増大した。

- 3) カバークロップの種類が土壌無機態窒素分布に及ぼす影響をみると、2001年4月では表層では、裸地区で24.8 mg N kg⁻¹と最も高く、次いでエンバクであり、ライムギ、ライコムギおよびコムギでは11~14 mg N kg⁻¹と低い値を示した。また、土壌窒素レベルでは無施肥に比べて施肥区では6 mg N kg⁻¹高い値を示した。これに対し、2002年では処理間において有意な差異が認められなかったが、裸地区でカバークロップ区よりも高い値を示す土層が多く認められた。
- 4) カバークロップの吸収した窒素量は、土壌窒素が無施肥においても20~40 kg N ha⁻¹の窒素成分を保持していることから、これらの後作での有効活用は施肥量削減の視点から注目されるものと考ええる。

キーワード

カバークロップ, 水田, 窒素, ライムギ, コムギ, ライコムギ, エンバク

引用文献

- Ditsch, D.C. and Alley, M.M. (1991) : Nonleguminous cover crops management for residual N recover and subsequent crop yields, *Journal of fertilizer issues*, 8 (1) ; 6-13.
- 辜 松・小松崎将一・森泉昭治・牟 英輝 (2004) : カバークロップの利用と土壌窒素動態, *農作業研究*, 39 (1) ; 9-16.
- Kessavalou, A. and D.T. Walter (1999) : Winter Rye Cover Crop Following Soybean Under Conservation Tillage : Residual Soil Nitrate, *Agron. J.*, 91 ; 643-649.
- 小松崎将一・森泉昭治・辜 松・安部真吾・牟 英輝 (2004) : 農家事例にみる緑肥を利用した水稲栽培, *農作業研究*, 39 (1) ; 23-26.
- 小松崎将一 (2008) : 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の利用について, *牧草と園芸*, 56 (6) ; 10-14.
- Komatsuzaki, M. and M.G. Wagger (2001) : Cover crop N recovery in relation to time of planting and growth termination. Annual meetings abstracts of American Society of Agronomy, pp 313.
- 小川吉雄 (2000) : 地下水の硝酸汚染と農法転換, 農文協, 東京.
- Osmond, D.L., L. Xu, K. May and N.N. Ranells. 2000. Field-scale nitrogen loss estimation worksheet (NLEW) : User Guide, Version 1.1.
- Shipley. P.R., J.J. Meisinger and A.M. Decker (1992) : Conserving Residual Corn Fertilizer Nitrogen with Winter Cover Crops. *Agron. J.*, 84 (Sep.-Oct.) ; 869-876.
- Sustainable Agriculture Network (1998) : Managing cover crop profitably, 2nd Edition. Sustainable Agriculture Network Handbook Series, Book 3. Sustainable Agriculture Research and Education, Washington DC.
- 田淵俊雄・鈴木誠治・高村義親 (1983) : 非稲作期間の谷津田における畑地流出水中のNO₃-Nの除去について, *農土論集*, 104 ; 9-14.
- 田淵俊雄・高村義親 (1985) : 集水域からの窒素・リンの流出, 東京大学出版会. 東京.
- 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 (2004) : 水田におけるカバークロップ利用, *農作業研究*, 39 (3) ; 165-170.

Summary

Paddy field rice can conserve N in the soil under flooded conditions. However, residual soil N represents a potential environment concern when fields are no longer flooded. Winter annual grass cover crops may provide an alternative means to conserve residual soil N following rice harvest. A two years field experiment was conducted at the Ibaraki University of Experimental Farm, to compare dry matter and N uptake by rye (*Secale cereale* L.), oat (*Avena sativa* L.), triticale (*Triticum secale* L.), wheat (*Triticum aestivum* L.) and fallow (no cover) in relation to soil residual N level.

Dry matter and N accumulation by the following April were in the descending order of rye > triticale > wheat = oat > fallow, while residual soil N levels followed the reverse order. Residual soil N level exerted the greatest in-

fluence on cover crop DM accumulation, with differences in N levels becoming more pronounced by the April sampling date. On 17 April, DM differences between the low and high residual soil N levels were 3.45 vs 6.82 Mg ha⁻¹ for rye (98% increase), 1.15 vs 1.45 Mg ha⁻¹ for oat (26% increase), 1.49 vs 1.99 Mg ha⁻¹ for wheat (34% increase), and 1.70 vs 2.98 Mg ha⁻¹ for triticale (75% increase), respectively.

Cover crop N accumulation followed patterns similar to those for DM, but was mainly influenced by main effect factors. Residual soil N level again exerted the greatest influence on N accumulation. Between species, N accumulation for rye was greater than oat and wheat across

all planting dates. By 8 March, the greatest N accumulation occurred with rye (14.0 kg N ha⁻¹), with other species accumulating 5.4 to 7.5 kg N ha⁻¹. Cover crop N accumulation increased appreciably from 10 March to 17 April.

These results demonstrated that grass cover crops have a great potential for controlling soil residual N. However, additional research will be needed to determine the contribution of cover crop N to subsequent rice growth.

Key Words

Cover crop, Paddy field, Nitrogen, Rye, Wheat, Triticale, Oat