

造成水田における水稲の生産力の 向上に関する研究

第2報 飼料作物の全量還元による効果

堀内悦夫・永井徳重・井口幸一郎
佐藤亨・杉本秀樹

Studies on the Productivity of Rice Plants in the Reclaimed Paddy Field

II. Effects of Incorporating Forage Crops

Etsuo HORIUCHI, Norishige NAGAI, Kōichiro INOKUCHI
Tooru SATOU and Hideki SUGIMOTO

緒言

本学附属農場の水田は、有機物の乏しいせき薄な砂質土壌で水稲の収量水準は極めて低い⁴⁾。したがって、土地生産力の向上を図ることが当面の最重要課題となっている。

地力と土壌有機物との関係については、数多くの研究^{3,5,17,22)}が行われており、一般に腐植含量の高い土壌ほど生産力が高いこと、あるいは、地力増強には有機物の施用が必要であることが認められている。

近年、化学肥料一辺倒から、土作りとか、地力とかが問題視される様になり、土地生産力の向上対策として、堆きゅう肥、おがくず堆肥などの利用も推進されているが、労力的に、また、経済的にもその利用には限界がある。そこで、筆者らは、有機物の供給を同一耕地内で生産されたものを還元する、耕地生態系としてはいわゆる自己完結型の農法に着目した。

水田裏作として飼料作物を導入し、その収穫跡地における刈株、根群等が水稲の生育・収量におよぼす影響については多くの報告^{7,10,12~14)}がある。しかし、それら作物体の全量をすき込むことによる水稲への影響についての試験研究は少ない。山崎²⁰⁾はレンゲを、和田ら¹⁹⁾はライ麦を全量すき込み、いずれの場合も水稲の増収効果がみられたことを報告している。

しかし、これらは肥沃な一般水田における成績であり、本学附属農場のようなせき薄な水田での飼料作物の全量還元についての成果報告はあまりみられない。

そこで、本実験は、暖地の冬作飼料作物として広く栽培されているアカクローバ、レンゲ、イタ

リアンライグラスおよびエンバクを同一耕地に全量還元して地力の増強を図り、水稻の生産力を向上させることを目的として行った。

実験材料および方法

実験の場所は、瀬戸内海に面した気候温暖な本学附属農場の4号水田を用いた。なお、実験を行うまでの圃場は、1979年に学校跡地を混層工法で2.4m～1.0mに盛土造成して、1980年から水稻作を開始したものである。

1980年には冬作飼料作物として西南暖地で広く用いられているアカクロバ、レンゲ、イタリアンライグラスおよびエンバクを表-1の耕種概要に従って栽培した。なお、この試験区以外に休閑区を設けて標準区とした。飼料作物(以下緑肥と呼称)は水稻収穫後に2回耕起し、一区180m²の3反覆

表-1 飼料作物の試験区構成および耕種概要

区	項目	品種名	播種量 (kg/a)	基 肥			追 肥 (1)			追 肥 (2)			計																	
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O															
ア	カ	ク	ロ	バ	メジウム	0.3	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	-	-	-	0.6	0.6	0.6												
				レ	ン	ゲ	在	来	種	0.3	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃												
				イ	タ	リ	ア	ン	ラ	イ	グ	ラ	ス	マ	ン	モ	ス	0.5	0.8	0.8	0.8	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	1.6	1.6	1.6
				エ	ン	バ	ク	前	進	0.7	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃		

注) 播種期:11月8日, 追肥(1):1月27日, 追肥(2):2月18日, 成分量:kg/a, すき込み時期:5月20日

で全面全層播とした。肥料は各時期とも高度複合化成肥料(15-15-15)を用いた。緑肥のすき込み(以下還元と呼称)は、各区とも5月20日に一連のプラウで反転耕起(深さ15cm～20cm)した。還元した生草量の調査は、各区について部分刈取を行い、一部を乾燥秤量し、乾物率から乾物重を求めた。圃場に残された根量の調査は、各区について長さ30cm、幅40cm、深さ20cmで掘り起こし、これを2mm目の篩上で洗滌した後、乾燥秤量した。還元した緑肥の分解過程の調査方法は、各試験区内に10cm角の木枠を設け、深さ5cmの層にサラン網(2mm目)を敷き、その上に乾物量でアカクロバ、レンゲ各5g、イタリアンライグラス、エンバク各15g(a当り50kg、150kgに相当)を置き、再度サラン網で被覆した。これらの採取方法は、土塊を除いてサラン網を丁寧に取り出した後、水中で緑肥に付着している土砂を完全に除去し、乾物量を求めた。還元した緑肥の地上部・地下部の窒素の分析はケルダール法で行った。

1981年には緑肥の還元跡地に水稻品種日本晴を栽培した。水稻の試験区の構成は以下の通りである。
1) 冬期休閑区(以下標準区)、2) アカクロバ還元区(クロバ区)、3) レンゲ還元区(レンゲ区)、4) イタリアンライグラス還元区(ライグラス区)、5) エンバク還元区(エンバク区)の5処理区である。

耕種概要は以下の通りである。常法により箱育苗した21日苗を、6月25日に2条田植機(イセキ式PF200)で移植した。栽植密度は30cm×18cm(m²当り18.5株)で1株4～6本植とした。基肥は三要素成分量でa当り各0.6kg、第1回追肥は7月4日にa当り三要素各0.3kg、第2回、第3回は8月4

日、8月15日にN、P₂O₅、K₂Oをそれぞれ0.3kg、0.04kg、0.3kgを施用した。なお、用いた化成肥料は、基肥・第1回追肥が(15-15-15)第2回、第3回の追肥が(15-2-15)で総施肥量はa当りN1.5kg、P₂O₅0.98kg、K₂O1.5kgである。

生育調査は各区10株について、また、収量構成要素の調査は松島⁸⁾の方法に準じて行い、成熟期に各区よりランダムに10株抜取り、平均穂重に近い3株を用いた。

なお、管理は本県の栽培指針に従って周到に行い、特に水管理には留意し、間断灌水をした。

実験結果および考察

1. 全量還元の状態

トラクタ(32馬力)に一連プラウを装着して、立毛の状態で行った。しかし、ライグラス、エンバクの草高はそれぞれ150cm以上に達していたので、プラウの鋤先に緑肥が巻き、耕起は困難であった。これに対し、クローバ、レンゲの草高はともに40cm程度であったので、なんらの障害もなく容易であった。すき込み時における4草種の生育ステージは、クローバは未開花、レンゲは盛花期で、一方、ライグラスは出穂期、エンバクは乳熟期であった。

2. 還元した緑肥の乾物量・窒素含有量および窒素の収支

各緑肥の還元量、窒素含有量ならびに窒素の収支を表-2に示した。緑肥の還元量は、ライグラスが最も多く、次いでエンバク、クローバ、レンゲの順であり、両イネ科作物の還元量は、両マメ科作物の2.8~3.9倍量であった。還元窒素量については、クローバが最も多く、次いでライグラスで

表-2 飼料作物の還元量・還元窒素量および窒素の収支

区	項目	還 元 量			還 元 窒 素 量			窒 素 の 収 支	
		T	R	計	T	R	計 (A)	施肥(B)	A - B
	ア カ ク ロ ー バ	57.4	6.4	63.8	2.16	0.18	2.34	0.6	1.74
	レ ン ゲ	33.4	5.9	39.3	1.48	0.17	1.65	0.6	1.06
	イタリアンライグラス	143.8	32.5	176.3	1.73	0.28	2.01	1.6	0.41
	エンバク	123.9	27.8	151.7	1.49	0.29	1.78	1.6	0.18

注)乾物重および窒素量:kg/a、T:地上部、R:地下部

あり、エンバク、レンゲの両区には著しい差異はみられなかった。これら作物の還元した窒素量から、施用した化学肥料の窒素量を差引いた窒素の収支は、4草種とも総吸収量は施肥量より多く、窒素の取得量はクローバが最も多く、次いでレンゲ、ライグラスでエンバクは最も少なかった。

3. 還元した飼料作物の分解過程

次に還元した緑肥の分解過程を図-1に示した。還元10日後(5月30日)では、4草種とも乾物量は急激な減少がみられ、その程度は両マメ科で著しかった。水稻移植前4日(6月21日)になると、4草種の乾物残存率はさらに低下し、クローバは15%、レンゲは26%で両マメ科の分解は著しく促

進されていた。一方、ライグラスのそれは47%、エンバクは63%で特にエンバクの分解は最も遅かった。水稻移植後でも分解は進行したが、7月に入るとその程度は緩慢となった。最終調査の成熟期における緑肥の残存率は、クローバは5%、レンゲは7%、ライグラスは18%、エンバクは27%であった。

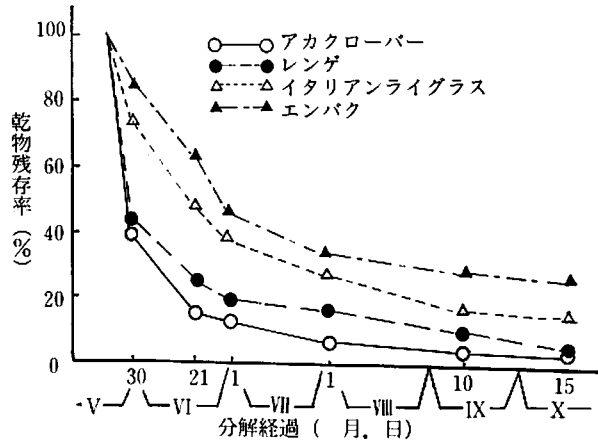


図-1 還元した飼料作物の分解過程

水田に還元された有機物の分解速度は、一般に作物のC/N比、土壤水分含量および土壤中の窒素含量などにより強く支配^{5,6,17,18}され、高温時には分解が比較的速やかであるといわれている。イネ科作物のうち、エンバクの分解が劣っていたのは、エンバクはライグラスより出穂が8日程度早く、生育のステージが進んでC/N比が大となったために残存率を高くしたものと推察される。

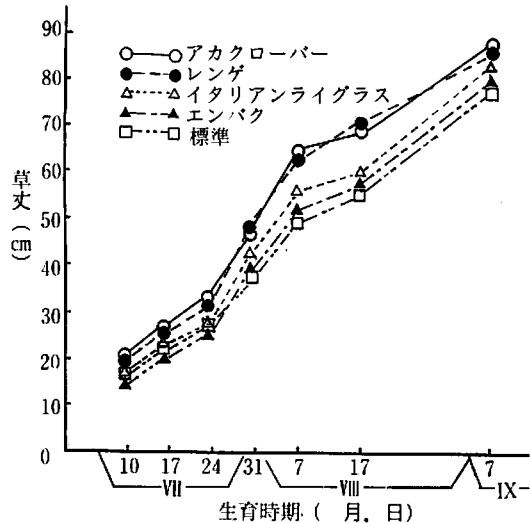


図-2 草丈の推移

4. 水稻の生育経過

1. 草丈

各緑肥を還元した跡地における草丈の伸長経過(図-2)をみると、生育初期では、標準区に比べクローバ区が大で、レンゲ区がこれに次ぎ、ライグラス区はほぼ同等であり、エンバク区はやや劣った。しかし、7月下旬頃から、エンバク区は標準区に比べてやや大となり、伸長期になると両マメ科作物区の伸長は最も大となり、次いでライグラス区、エンバクの順で推移した。

2. 茎数(穂数)

茎数(穂数)の推移(図-3)をみると、生育初期では標準区に比べ、クローバ区が多く、次いでレンゲ区、ライグラス区の順で、エンバク区はやや少なかった。しかし、分け

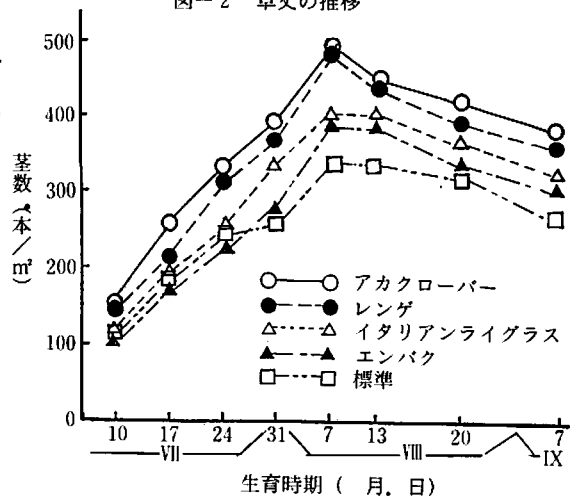


図-3 茎数の推移

つ最盛期（7月31日）頃からエンバク区に増加の傾向がみられ、最高分けつ期になると急激に増加し、ライグラス区に近い値となった。最終的な穂数の確保は、クローバ区が最も多く、次いでレンゲ区、ライグラス区の順となり、緑肥を還元することによって、有効茎歩合も高まり、穂数が確保されることを示唆した。

上述したように、緑肥の還元によって水稻の生育に差異がみられているが、このことは、マメ科作物はイネ科作物よりC/N比が低く^{6,16,17,18)}、前者は移植期の分解率が80%程度に達していたので土壤中の無機態窒素量が増大^{1,2,3,6)}しており、その結果、両イネ科作物区より生育の促進がみられたと考えられる。他方、エンバク区に初期生育の抑制がみられたのは、移植4日前の分解率が4草種の中で最も劣っていたので、移植後はエンバクの分解に伴う土壤還元^{7,21,22)}が発達したこと、ならびに分解の際に土壤中の窒素を固定してそのために窒素飢餓^{1,6,21)}を惹起したことが考えられる。

以上の結果から、緑肥を還元することによって生育にみられた特徴は、初期では、標準区に比べてクローバ区、レンゲ区は良好であったが、エンバク区は、やや抑制の傾向がみられた。しかし、分けつ最盛期頃からエンバク区に回復の傾向がみられ、その後は標準区より良好となった。全般的な生育は両マメ科作物区が両イネ科作物区より優った。

5. 収量関連形質と収量および収量構成要素の比較

緑肥を還元した跡地の肥効を検討するため、水稻の収量関連形質と、収量および収量構成要素がどのように変動するかを表-3に示した。

表-3 収量関連形質と収量および収量構成要素の比較

区	項目	稈長 (cm)	穂数 (本/㎡)	一穂 粒数	総粒数 (ヶ/㎡)	登熟 歩合 (%)	千粒重 (g)	精玄米重 (kg/a)	標準比 (%)	全乾物重 (kg/a)
標準		57.1	240.5	63.7	15325	90.2	21.92	30.3	100.0	64.3
アカクローバ		68.9	395.9	63.2	25017	83.8	22.61	47.4	156.4	109.1
レンゲ		66.9	370.0	58.4	21597	86.4	22.24	41.5	137.0	88.1
イタリアンライグラス		63.4	327.5	64.3	21055	87.2	22.0	40.4	133.3	83.9
エンバク		61.3	318.2	59.5	18933	85.4	22.14	35.8	118.2	79.0

収量関連形質をみると、緑肥を還元することにより、稈長は標準区に比べて、両マメ科作物区では9.8cm~11.8cm、両イネ科作物区で4.2cm~6.3cmそれぞれ長くなった。単位面積当りの全乾物重は、両マメ科作物区で37%~70%、両イネ科作物区は23%~31%の増大を示した。

収量および収量構成要素をみると、還元区の収量は、標準区のa当り30.3kgに比べて、クローバ区は56%の増加を示し、次いでレンゲ区の37%、ライグラス区の33%、エンバク区の18%で、緑肥の還元により飛躍的な増収を示した。なお、この結果は次年度の実験結果でも確認された。多くの実験結果^{6,7,9,13,15,18)}を通過すると、一般に堆きゅう肥、マメ科緑肥を施用した跡地は、作物の生育・収量におよぼす影響は顕著であるとされ、一方、C/N比の大きいイネ科緑肥の施用効果は僅少であるとの報

告例^{6,9,13,15,18)}が多い。また、冬作飼料作物の収穫跡地が水稻の生育・収量におよぼす影響についての研究例^{7,10,12,13,14)}は数多くみられるが、立毛の状態ですべて全量還元した報告例は極めて少い。山崎²⁰⁾は、レンゲの全量還元(a 当り乾物重67.5kg)によって50%の増収がみられたと報告し、また、和田ら¹⁹⁾はライ麦を a 当り生草重で255.0kgを全量還元した場合、茎数の増加は顕著で、しかも稔実・登熟障害を軽減し、49%の増収がみられたことを報告している。

本実験より、全量還元によって増収がみられた要因を収量構成要素から検討してみる。還元区は、穂数が著しく増加(32%~64%)した結果、m²当り総穂数は標準区の15325個に対し、両マメ科作物区は41%~63%、両イネ科作物区で24%~37%それぞれ増加した。登熟歩合をみると、マメ科、イネ科両作物区の間にはほとんど差異はみられなかったが、いずれの区もわずかではあるが標準区より劣った。また、千粒重は両マメ科作物区は1.5%~3.2%、両イネ科作物区で0.4%~1.0%重く、マメ科作物の還元によって玄米の充実は良好となった。その結果、緑肥を還元することにより、単位面積当りの穂数は穂数によって確保され、それぞれの穂上における穎花の充実がはかられ、穂数の増加に対しても登熟歩合の低下は少なく、千粒重はわずかに重く、充実した玄米が得られ、増収への要因となった。

造成後、2年余を経過したせき薄な水田において、緑肥の全量還元により、a 当り玄米収量が標準区の30.3kgに比べ、両マメ科作物区は37%~56%増の41.5kg~47.4kg、両イネ科作物区で18%~33%増の35.8kg~40.4kgが得られたことは注目に値するものといえよう。

以上の結果から、せき薄な造成水田において緑肥を立毛の状態ですべて全量還元することは、水稻の生育を良好にし、穂数の増大によって単位面積当りの総穂数も多く確保され、千粒重の増大によって充実した玄米が得られ、著しく増収することを明らかにした。

摘 要

造成後2年目のせき薄な水田において、水稻の生産力を向上させる目的で、アカクローバ、レンゲ、イタリアンライグラスおよびエンバクを全量すき込みし、その跡地に水稻を栽培して生育・収量および収量構成要素などを無施用と比較した。結果は次のように要約される。

1. 緑肥の還元量は、ライグラス区が最も多く、次いでエンバク区、クローバ区、レンゲ区の順で、イネ科作物はマメ科作物の2.8~3.9倍量であった。
2. 緑肥の還元窒素量は、クローバ区が最も多く、次いでライグラス区、エンバク区、レンゲ区の順であった。
3. 還元した緑肥の分解過程は、移植前4日(6月21日、還元後30日)では両マメ科作物区は74%~85%で大きな値を示し、両イネ科作物区は37%~53%であった。成熟期(10月15日、還元後148日)では両マメ科作物区は約95%、両イネ科作物区で73%~82%であった。
4. 緑肥の還元による水稻の生育経過は、エンバク区で初期にやや抑制の傾向がみられたが、最高分け時期頃から回復し標準区を凌駕した。全般的には、マメ科作物区がイネ科作物区より良好であった。
5. 緑肥の還元による玄米の増収率は、クローバ区が56.4%で最も高く、次いでレンゲ区37.0%、

ライグラス区33.3%，エンバク区18.2%であった。

6. 緑肥の還元によって穂数・総粒数および千粒重はそれぞれ増大したが、登熟歩合はやや低下した。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、有益な御助言を賜わった本学作物学研究室両宮昭教授及び附属農場長門屋一臣教授に対し深く感謝の意を表する。

引 用 文 献

- 1) 出井嘉光, 小川和夫 (1964) 作付様式と地力に関する研究 第1報 青刈冬作物跡地の地力変化について, 東海近畿農試研究報告 11: 53-65.
- 2) 大門弘幸, 中条博良 (1986) 混作, 間作, 輪作における作物の生長と窒素の動態 第4報 前作マメ科作物の種類による後作作物窒素吸収の差異, 日作紀 55: 299-305.
- 3) 本谷耕一 (1968) 稲作多収の基礎条件, 農文協 東京 154-182.
- 4) 堀内悦夫, 永井徳重, 田原三男, 沢田 清, 村上和夫 (1984) 造成水田における水稻生産力の推移について, 愛媛大学農学部農場報告 5: 1-7.
- 5) 菅野一郎, 久馬一剛, 徳留昭一, 有馬玄洋 (1970) 土壤有機物, 農文協 東京 26-142.
- 6) 松村安治, 福井春雄 (1962) 各種有機物の水田地力維持効果に関する試験, 四国農業試験場報告 7: 87-100.
- 7) 室賀利正, 越智茂登一, 平野 俊, 久保田徹 (1962) イタリアンライグラス栽培あと地の残根と水稻栽培の関連について, 四国農業試験場報告 7: 1-13.
- 8) 松島省三 (1973) 稲作の改善と技術, 養賢堂 東京 10-68.
- 9) 野本亀雄, 岸田達男 (1957) 畑地の土壤有機物に関する研究, 第1報 鉍質酸性土壤における数種有機物施用の効果, 東海近畿農試研究報告 4: 146-157.
- 10) 西村修一, 斉藤幸雄 (1958) ムギの青刈栽培に関する研究, 第3報 オートの青刈栽培における播幅・播種量について, 四国農試研究報告 4: 1-12.
- 11) 西川光一, 牧 俊郎 (1962) 還元田における水稻の肥培管理, (2) イタリアンライグラス跡の水稲栽培法, 農業技術 17: 324-326.
- 12) 西村修一, 木島浩三 (1962) イタリアンライグラスの暖地水田裏作導入に関する研究, II イタリアンライグラスの栽培法一般について, 四国農試研究報告 6: 65-79.
- 13) 越智茂登一, 室賀利正 (1964) イタリアンライグラスとマメ科牧草の混播に関する研究, 四国農試報告 11: 31-60.
- 14) 越智茂登一 (1967) 四国地域におけるイタリアンライグラスの栽培, 四国農業の新技术, 4: 202-224.

- 15) 小川和夫, 出井嘉光 (1967) 作付様式と地力に関する研究 第II報 作付残渣の分解について。東海近畿農試研究報告 14:78-88.
- 16) 小倉武一, 大内力 (1976) 日本の地力, 御茶の水書房 東京 51-309.
- 17) 岡島秀夫 (1976) 土壤肥沃度論。農文協 東京 175-201.
- 18) 大久保隆弘 (1977) 作物輪作技術論。農文協 東京 113-198.
- 19) 和田純二, 鳥山国土 (1956) 裏作青刈ライ麦の水稲作におよぼす影響 日作紀 24:242-243.
- 20) 山崎欣多 (1959) 水田における「れんげ」の施用について。農及口 34:455-460.
- 21) 吉沢孝光 (1970) 水田における稲, 麦わらの施用法に関する研究。中国農試 中国地域共同研究成果集録 5:129-135.
- 22) 山根一郎 (1976) 土壤学の基礎と応用。農文協 東京 33-180.

Summary

In order to improve the productivity of rice plant, the experiment was carried out in the 2nd year after the reclamation of paddy field. Forage crops such as red clover, Chinese milk vetch, Italian ryegrass and oats were plowed into the soil and the effect of those forage crops on the growth of rice plant as well as on the yield of husked rice was examined.

1. Dry weight of green manures which were plowed into the soil was 176, 152, 64 and 40 kg/a and the total nitrogen content of each green manure was 2.0, 1.8, 2.3 and 1.7 kg/a for Italian ryegrass, oats, red clover and Chinese milk vetch respectively.

2. Decomposition of leguminous crops was rapid and reached a decomposed level of 74 to 85% and 95% of the original dry weight after 30 and 148 days from the incorporating while gramineous crops only decomposed 37 to 53% and 73 to 82% after 30 and 148 days respectively.

3. Although the growth of rice plant of oats plot remained depressive during the early stage, it recovered at maximum tiller number stage and finally exceeded that of the control. Generally the growth of rice plant in the leguminous plots was better than that of the gramineous plots.

4. Yield of husked rice was influenced by green manure incorporation and the amount harvested was 1.56, 1.37, 1.33 and 1.18 times that of the control for red clover, Chinese milk vetch, Italian ryegrass and oats plot respectively.

5. Numbers of panicles and grains per hill and 1000 kernel weight increased by green manure incorporating. However, percentage of ripened grains slightly decreased in all the green manure plots.