

# 水稻乾田不耕起直播栽培における緑肥作物の効果

## Effect of Green Manure Cropping on Direct Sowing and No-tilling Culture of Paddy Rice on Well-drained Paddy Field

金森伸彦・松森信

Nobuhiko KANAMORI and Makoto MATUMORI

### 要 約

前年秋に播種した緑肥作物(レンゲ及びヘアリーベッチ)後に、水稻乾田不耕起直播栽培を行った場合の雑草発生状況、並びに水稻の生育・収量について検討した。その結果、刈り落とした緑肥作物が田面を被覆して水稻播種後の雑草の発生を抑制し、除草剤の使用回数を慣行の5回から2回に減らしても同等の除草効果が得られた。また、刈り落とした緑肥作物に含まれる窒素成分により水稻の生育量が大きくなり、収量性が向上した。

キーワード：水稻、乾田不耕起直播栽培、緑肥作物

### I 緒言

水稻乾田不耕起直播栽培は、耕起をしない水田に乾田状態で種籾を播種(同時に基肥を表層施肥)し、播種1ヶ月後(2~3葉期)までは乾田のまま経過させ、それ以後は湛水して通常の栽培と同様の管理を行う栽培法である(第1図、第2図)。耕起・代かき作業及び育苗・移植作業を省くことにより、移植栽培と比べて労働時間の大幅な短縮が可能であり、さらに湛水直播栽培のようにスクミリンゴガイの食害を受けることもないため、県内各地で省力栽培技術として徐々に作付が増加している。また、不耕起にすることで水田からのCO<sub>2</sub>発生を抑制することが知られており<sup>1)</sup>、地球温暖化防止の面からも注目されている。

人吉球磨地域においては、本栽培が1996年から担い手の高齢化に対応した軽作業化対策として導入され、2007年度では人吉市を中心に50戸の農家が25haの水田で取り組んでいる。

一方で、乾田不耕起直播は代かきを行わないため雑草の発生が増えて除草剤の散布回数が増えること(移植栽培1~2回、乾田不耕起直播栽培4~5回)と、透水性の増大により肥料成分が溶脱しやすくなり収量が低下することが問題となっている。<sup>2)</sup>

このため、乾田不耕起直播栽培の省力技術としての有利性を維持しつつ、低コストで雑草の発生を抑え、収量を確保する技術の開発が求められている。

ところで、レンゲやヘアリーベッチ等の緑肥作物には、田面の被覆や他感作用による雑草の発生抑制効果と、残さからの有機物や窒素の供給による後作物の増収効果が知られている。<sup>3)4)</sup>

本研究は、乾田不耕起直播栽培において緑肥作物を利用して、除草剤の使用回数を慣行(4~5回)の5割以下に削減し、水稻の収量を高位に安定させることを目的として実施した。



第1図 乾田不耕起直播栽培の播種作業



第2図 入水直前の状況

II 材料及び方法

1 除草試験

- 1) 試験場所 球磨農業研究所水田（球磨郡あさぎり町）  
表層多腐植質多湿黒ボク土  
作土の深さ14cm、減水深40mm/日
- 2) 供試品目・品種  
緑肥作物：レンゲ、ヘアリーベッチ  
水稻：ヒノヒカリ
- 3) 試験期間  
2003～2004年（緑肥播種は2002～2003年）
- 4) 試験区の構成

第1表

緑肥	除草体系
緑肥なし	慣行・無除草
レンゲ	2回処理・無除草
ヘアリーベッチ	2回処理・無除草

- 注1) 除草体系の詳細は第2表のとおり。  
 注2) レンゲ、ヘアリーベッチともに水稻播種前年に播種し、水稻播種10日前に歩行用フレールモアで刈り落とした（第3～5図）。  
 注3) 2004年の試験区は前年の慣行除草体系後に設置した。

5) 試験条件

- (1) 緑肥作物（レンゲ、ヘアリーベッチとも）

播種期 2002年：9月20日  
2003年：10月15日

播種量 0.4kg/a

- (2) 水稻

播種期 2003年：5月21日  
2004年：5月24日

入水期 6月21日（2002年、2003年とも）

播種量 乾籾0.5kg/a

播種法 M社製トラクタ装着型6条播種機を使用した。

施肥量 N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 1.0 : 1.0 : 1.0 (kg/a)  
窒素成分のうち、速効性20%、LPコート100由来80%。

施肥法 全量を播種と同時に表層施肥した。

6) 試験規模 1区面積20m<sup>2</sup>×2区制

7) 雑草調査の方法

水稻播種直後に50cm×50cmの枠を1区につき2カ所設置し、枠内の雑草を採取した。



第3図 フレールモアによるレンゲの刈落とし作業



第4図 ヘアリーベッチの刈落とし状況



第5図 レンゲ後における播種状況

第2表 除草体系

試験区	① 播種前 (3月下旬)	② 播種直後 (5月下旬)	③ 播種直後 (5月下旬)	④ 入水前 (6月中旬)	⑤ 入水後 (7月上旬)
慣行 2回処理	GA -	GA -	BP BP	CB CB	BBM(2003)、CB(2004) -

注) GA:グリホサートアンモニウム塩 BP:ベンチオカーブ・プロトリン(乳) CB:シハロホップチル・ベンダゾン(液)  
BBM:ヘンズルフロンメチル・ベンチオカーブ・メフェナセット(粒)

2 肥料試験

- 試験場所 球磨農業研究所水田(球磨郡あさぎり町)  
表層多腐植質多湿黒ボク土  
作土の深さ14cm、減水深40mm/日
- 供試品目・品種  
緑肥作物: レング、ヘアリーベッチ  
水稻: ヒノヒカリ
- 試験期間  
2003~2006年  
(緑肥播種は2002~2005年)
- 試験区の構成

注) 2004年は、スクミリンゴガイを防除するため水稻  
収穫後に石灰窒素散布と代かきを行った後に播種を  
行った。

播種量 0.4kg/a

(2) 水稻

播種期 2003年: 5月21日

2004年: 5月24日

2005年: 5月20日

2006年: 5月22日

入水期 2003、2004年: 6月21日

2005、2006年: 6月20日

播種量 乾粕0.5kg/a

播種法 M社製トラクタ装着型6条播種機を使用した。

6) 試験規模 1区面積20㎡×2区制

7) 除草方法 除草試験における慣行除草体系で行った。  
(詳細は第2表を参照)

第3表

緑肥	施肥条件	
	2003~2006年	2005~2006年
緑肥なし	無肥料・標肥	標肥・多肥・SS標肥
レング	無肥料・標肥	標肥・多肥・SS標肥
ヘアリーベッチ	無肥料・標肥	標肥・多肥・SS標肥

注1) 施肥量

標肥 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1.0:1.0:1.0 (kg/a)

多肥 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1.2:1.2:1.2 (kg/a)

SS標肥 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1.0:0.6:0.6 (kg/a)

いずれも全量を播種と同時に表層施用した。

注2) 窒素の配合割合

標肥、多肥: 速効性窒素 20%

LPコート100由来窒素 80%

SS標肥: 速効性窒素 10%

LPコート50由来窒素 30%

LPコートSS100由来窒素 60%

注3) レング、ヘアリーベッチともに水稻播種前年に播種し、水稻播種10日前に歩行用フレールモアで刈り落とした(第3~5図)。

5) 試験条件

(1) 緑肥作物(レング、ヘアリーベッチとも)

播種期 2002年: 9月20日

2003年: 10月15日

2004年: 12月3日

2005年: 9月29日

III 結果および考察

1 除草試験

刈り落とし時の緑肥の地上部乾物重は年次間の変動が大きく、また両年ともレングの乾物重がヘアリーベッチを上回った(第4表)。

2003年は無除草区以外の雑草発生が少なかったため、水稻収穫直前の10月3日(播種135日後)に残草調査を行った。その結果、無除草、除草剤処理いずれの条件においても緑肥後の残草量は緑肥なしより明らかに少なかった(第6図)。ヘアリーベッチよりも生育量の大きかったレング後で残草量が少なかったことから、緑肥後では刈り落とされた緑肥が田面を被覆することにより、雑草発生の抑制効果が高くなったと考えられる。

2004年は雑草の発生が全体に増加したため、最高分けつ期頃の7月20日(播種60日後)に残草調査を行った。その結果、緑肥後の残草量は、無除草、除草剤処理のいずれの条件においても、緑肥なしと同等かやや少ない程度であった(第7~11図)。しかし、緑肥なし慣行区と緑肥後2回処理区の残草量を比較すると、緑肥が除草剤散布回数を低減させる効果はあったと考えられる。

2004年の残草量が全体に多かったのは、前年よりもノ

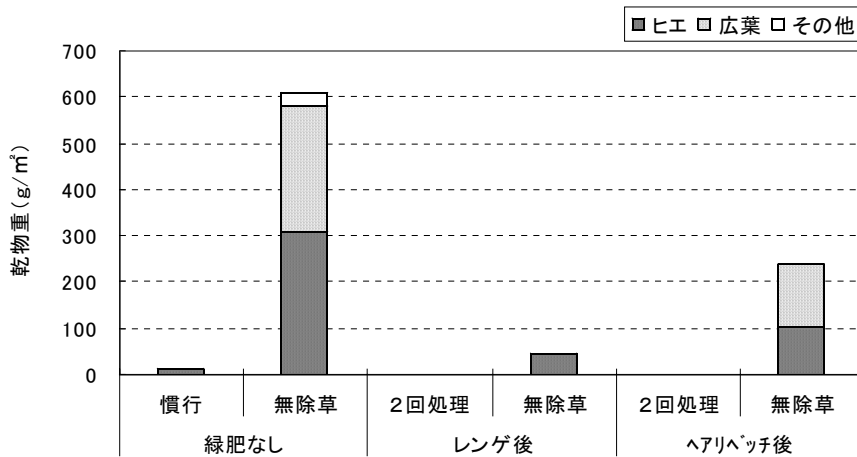
ビエ等の漏生が多かったことと、緑肥の生育量が前年より少なく、被覆が不十分であったことが原因と思われる。

2カ年を通じて緑肥の生育量が大きいほど雑草抑制効果も高い傾向がみられたが、安定的な雑草抑制効果と播種作業の精度からみた緑肥の適正生育量は乾物で30~40 kg/a と推察される。

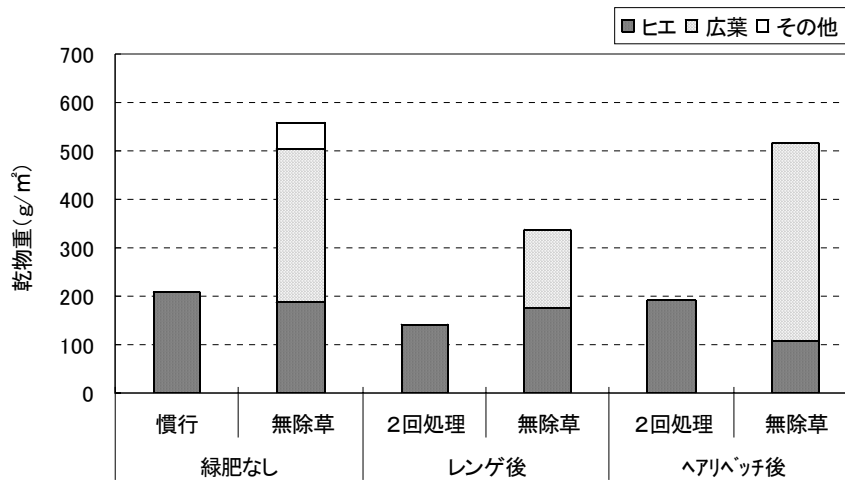
なお、緑肥の有無に関わらず、乾田不耕起直播栽培を行うと雑草種子が土壌表面に残存し、2年目以降漏生ノビエの発生量が多くなる傾向がみられた。乾田不耕起直播開始後2年目以降は緑肥後であっても発生状況をみながら除草剤を適期に使用する必要があると思われる。

第4表 刈り落とし時の緑肥の地上部生育量(乾物kg/a)

緑肥	2003年	2004年
レンゲ	56.1	28.4
ヘアリーベッチ	46.4	13.5



第6図 緑肥及び除草剤処理による残草量(2003年)



第7図 緑肥及び除草剤処理による残草量(2004年)





第8図 緑肥なし無除草区 (2004年6月30日)



第9図 緑肥なし慣行区 (2004年6月30日)



第10図 レンゲ後除草剤2回処理区 (2004年6月30日)



第11図 ヘアリーベッチ後除草剤2回処理区 (2004年6月30日)

## 2 肥料試験

### 1) 緑肥の窒素成分量

2003年から2006年までの緑肥の地上部残さに含まれる窒素成分量は平均でレンゲ0.6kg/a、ヘアリーベッチで0.9kg/aであった(第5表)。ヘアリーベッチの方が乾物重、窒素濃度ともに高く、成分量でレンゲを上回った。

第5表 緑肥の地上部残さの乾物重と窒素成分

緑肥	乾物重 (kg/a)	乾物N濃度 (%)	N成分量 (kg/a)
レンゲ	30.9±15.6	2.03±0.52	0.63±0.39
ヘアリーベッチ	34.3±14.6	2.40±0.49	0.90±0.49

(2003~2006年平均、±は標準偏差)

### 2) 施肥条件の違いによる緑肥の増収効果

2004年は水稻発芽直後の雀害、並びに登熟期間に相次いで来襲した台風により調査結果が攪乱されたため、2004年を除いた3カ年の無肥料および標肥条件における収量を比較した(第12図)。その結果、いずれの施肥条件においても緑肥後で増収しており、各年次を反復とした分散分析においても5%以下の水準で有意差が認められた(第6表)。各試験区とも玄米千粒重には大きな差はみられず、玄米の外観品質にも差はなかった。

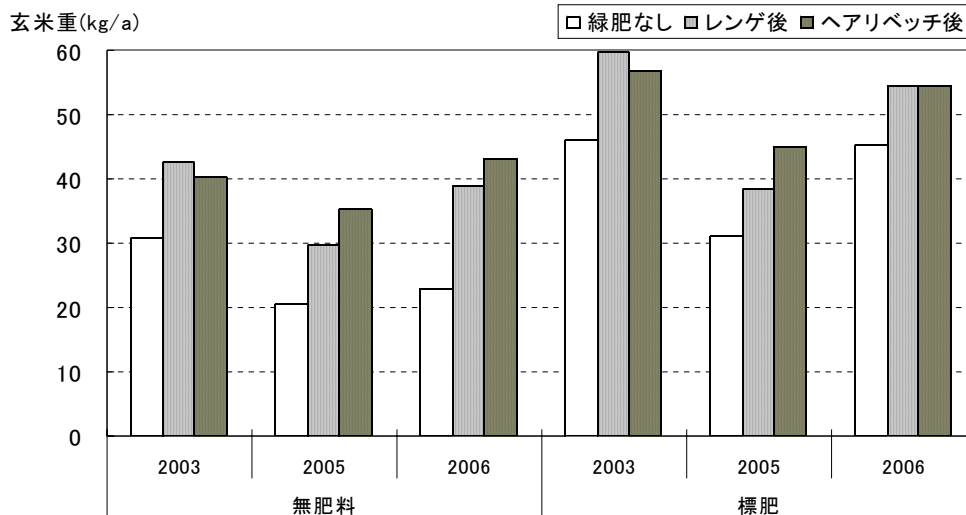
レンゲ後無肥料区、ヘアリーベッチ後無肥料区ともに緑肥なし標肥区との間に有意差はみられず、無肥料条件における緑肥の増収効果は標肥区の窒素1.0kg/aにほぼ匹敵するものと思われる。また、いずれの施肥条件においてもレンゲ後とヘアリーベッチ後の収量差はわずかであり、緑肥の種類による増収効果の差はないものとみられる(第7表)。

レンゲ後とヘアリーベッチ後で増収した要因は、無肥料条件では主に穂数の増加、標肥条件では主に一穂粒数の増加によって㎡当たり粒数が増加したことによるものと思われる(第7表)。

2005~2006年にかけては、標肥区に加えて窒素を0.2kg/a増施した多肥区、ならびにシグモイド型被覆尿素を配合したSS標肥区における収量を比較した。その結果、2カ年の年次間差が大きかったため、年次を反復とした分散分析では有意差は認められなかったものの、いずれの施肥条件においても緑肥なしよりもレンゲ後、ヘアリーベッチ後で増収した(第13図)。各試験区とも玄米千粒重には大きな差はみられず、玄米の外観品質にも差はなかった。

レンゲ後、ヘアリーベッチ後で増収した要因は、いずれの施肥条件においても、主に一穂粒数が増加して㎡当たり粒数が増加したことによるものと思われる(第8表)。

各施肥条件における収量性では、リニア型被覆尿素の増施より、シグモイド型被覆尿素施用で多収の傾向がみられたが、有意性は認められなかった。



第12図 無肥料区・標肥区の玄米収量(2003・2004・2006年)

第6表 収量の分散分析 (2003・2005・2006年)

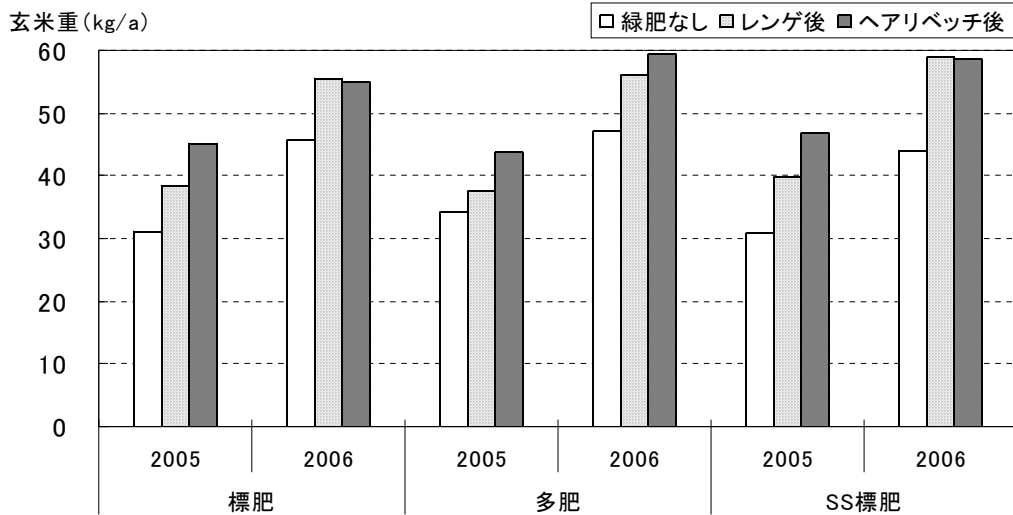
変動要因	変動	自由度	分散	分散比	P-値	寄与率
緑肥	601.1060	2	300.5530	5.5608*	0.0195	22.9
施肥条件	896.3432	1	896.3432	16.5841**	0.0015	39.1
交互作用	9.1113	2	4.5557	0.0843	0.9197	1.8
誤差	648.5812	12	54.0484			36.2
合計	2155.1417	17				100

注) \*: 5%水準で有意差あり \*\* : 1%水準で有意差あり

第7表 収量及び収量構成要素 (2003・2005・2006年平均)

施肥条件	緑肥	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	一穂粒数	m <sup>2</sup> 当たり粒数 (X100)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	精玄米重 (kg/a)
無肥料	緑肥なし	198 <sub>a</sub>	76.2 <sub>ab</sub>	147 <sub>a</sub>	88.9	21.9 <sub>a</sub>	24.8 <sub>a</sub>
	レンゲ	245 <sub>ab</sub>	82.5 <sub>abc</sub>	176 <sub>b</sub>	89.9	22.5 <sub>ab</sub>	37.3 <sub>ab</sub>
	ヘアリベッチ	259 <sub>bc</sub>	81.8 <sub>abc</sub>	192 <sub>b</sub>	88.9	22.7 <sub>ab</sub>	39.7 <sub>bc</sub>
標肥	緑肥なし	287 <sub>bc</sub>	74.8 <sub>a</sub>	186 <sub>bc</sub>	91.2	22.6 <sub>ab</sub>	40.9 <sub>bc</sub>
	レンゲ	312 <sub>c</sub>	87.9 <sub>bc</sub>	242 <sub>d</sub>	88.2	22.9 <sub>b</sub>	51.2 <sub>c</sub>
	ヘアリベッチ	274 <sub>bc</sub>	90.1 <sub>c</sub>	215 <sub>cd</sub>	91.3	23.1 <sub>b</sub>	52.3 <sub>c</sub>

注) 表中の異文字間には、LSD5%で有意差あり。



第13図 標肥区・多肥区・SS標肥区の玄米収量(2005・2006年)

第8表 収量及び収量構成要素 (2005・2006年平均)

施肥条件	緑肥	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	一穂初数	m <sup>2</sup> 当初数 (X100)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	精玄米重 (kg/a)
標準肥	緑肥なし	279	74.9 <sub>a</sub>	165 <sub>a</sub>	91.3	22.4	38.5
	レンゲ	299	88.3 <sub>b</sub>	216 <sub>a</sub>	87.1	22.7	46.9
	ヘアリベッチ	271	89.7 <sub>b</sub>	196 <sub>a</sub>	91.4	22.9	50.0
多肥	緑肥なし	280	77.2 <sub>a</sub>	182 <sub>a</sub>	91.6	22.6	40.7
	レンゲ	290	89.7 <sub>b</sub>	207 <sub>a</sub>	89.1	22.7	46.9
	ヘアリベッチ	291	86.8 <sub>b</sub>	198 <sub>a</sub>	81.9	22.9	51.5
SS標準肥	緑肥なし	289	71.6 <sub>a</sub>	154 <sub>a</sub>	85.9	22.0	37.4
	レンゲ	329	82.6 <sub>b</sub>	203 <sub>ab</sub>	87.2	22.7	49.4
	ヘアリベッチ	341	86.4 <sub>b</sub>	233 <sub>b</sub>	89.2	22.7	52.7

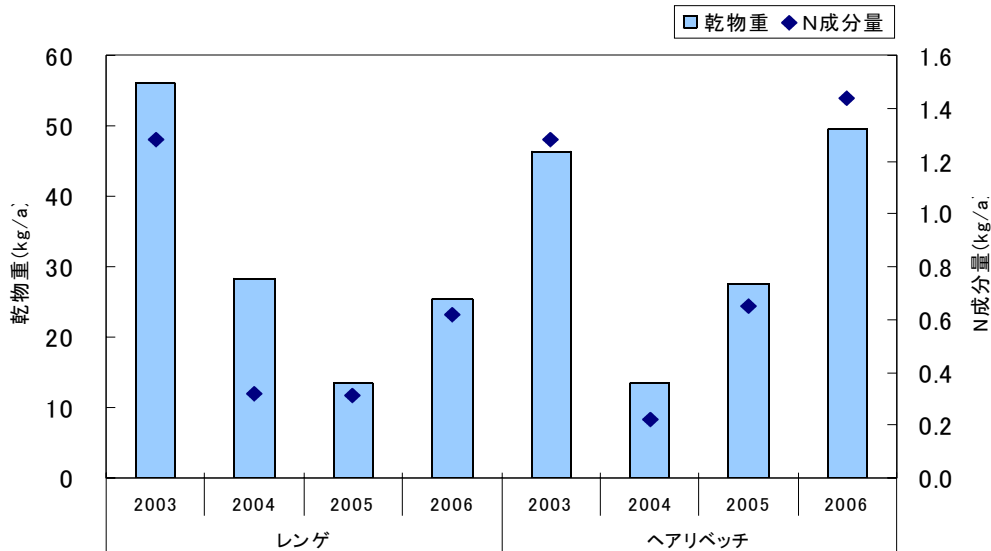
注) 表中の異文字間には、LSD5%で有意差あり。

3) 緑肥の生育量の年次変動および跡地土壌の化学性

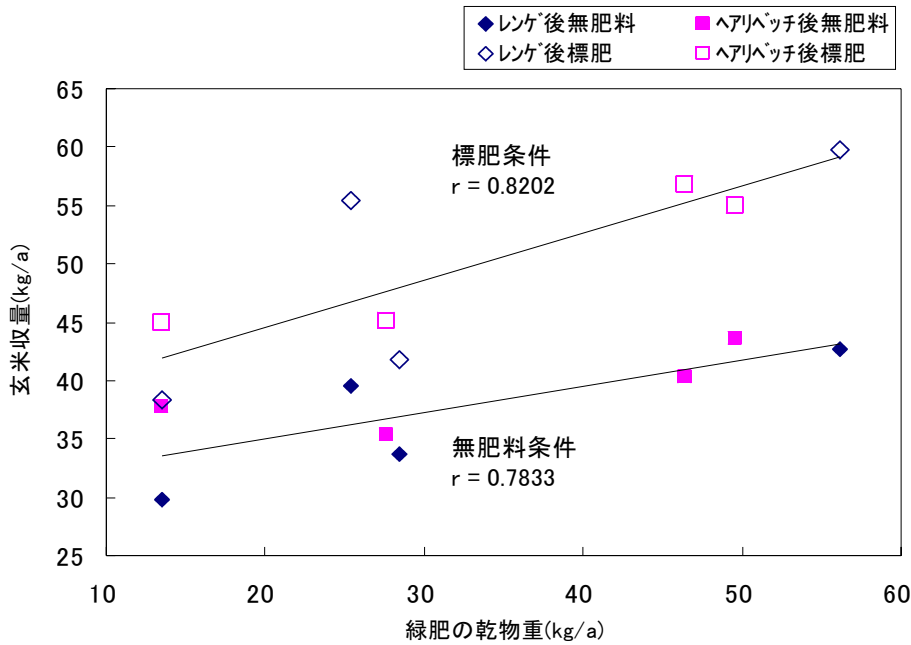
2003～2006年の緑肥の刈り落とし後の単位面積当たり乾物重は10～60kg/aと、年次ごとの変動が大きかった。一方、緑肥の窒素含有率の変動幅は比較的小さく、面積当たり窒素量の変動は乾物重にほぼ比例した(第5表、第14図)。

緑肥の生育量と水稻収量の相関では、無肥料条件、標肥条件のいずれにおいても、緑肥の生育量が大きいかほど水稻収量が高かった(第15図)。一方、緑肥の生育量が大きかった年次では、水稻播種時の作業速度および作業精度の低下がみられたことから、安定的な肥料効果と水稻播種作業の作業速度・作業精度からみた緑肥の適正生育量は乾物で30～40kg/aと推察される。

また、2003～2006年に連続して緑肥後に乾田不耕起直播栽培を行ったほ場の土壌の化学性は、緑肥なしと比べてpH、有効態リン酸、交換性カルシウムならびにマグネシウムが低下している一方で、交換性カリウム、全窒素ならびに全炭素が富化しており、緑肥による一定の地力向上が認められた(第9表)。



第14図 各年次の緑肥の生育量と窒素成分量



第15図 緑肥生育量と水稻収量

第9表 水稻乾田不耕起直播栽培連作後土壌の化学性

試験区	pH 1:2.5 (H <sub>2</sub> O)	CEC (me)	交換性塩基			有効態 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg)	無機 態 N (mg)	可給 態 N (mg)	全 N (%)	全 C (%)
			K <sub>2</sub> O (mg)	CaO (mg)	MgO (mg)					
			緑肥なし	6.5	56.6					
レンゲ後	6.2	57.4	48.9	756.8	71.2	2.7	3.3	27.9	0.89	14.0
ヘアリーベッチ後	6.1	55.2	59.8	736.3	87.2	3.3	4.3	19.4	0.89	14.3

注1) 2003～2006年に無肥料条件で乾田不耕起直播栽培を行った後、2006年11月に採取した土壌を調査した。

注2) 単位が me および mg のものは100g 乾土当たり。



## V 引用文献

- 1) 原田久富美, 小林ひとみ, 進藤勇: 農業環境研究成果情報, 27, 第22集, 2006  
2) 岡武三郎: 農業技術体系作物編2①, 402の52, 1994  
3) 米倉賢一: 牧草と園芸, 6, 49-12, 2001  
4) 藤井義晴: 農環研ニュース, 6, No. 58, 2003

## Summary

### Effect of Green Manure Cropping on Direct Sowing and No-tilling Culture of Paddy Rice on Well-drained Paddy Field

Nobuhiko KANAMORI and Makoto MATUMORI

On direct sowing rice plant at well-drained paddy field with no-tilling system, effects of the green manure crop seeded in the last autumn cut and dropped immediately before rice seeding is investigated.

First, the generation of the weed is controlled by the effect of the covering of the dropped green manure crop, and even if the use frequency of the herbicide is decreased from five times to two, an equal effect of weed control is achieved.

Next, the amount of growth of rice plant increases by the nitrogen included in the dropped green manure crop, and amount of the harvest increases. The effect of income increase of the green manure crop is equal to nitrogen from 0.2 to 1.0kg/a included in coated urea fertilizer.

Key words : rice, direct sowing, well-drained paddy field, no-tilling system, green manure