

早期水稻の生育に及ぼす新聞古紙マルチの効果

梅崎輝尚*・津野和宣

(宮崎大学)

要旨: 近年、環境保全や森林資源の保護を目的としたリサイクル活動が盛んである。回収された新聞古紙の利用方法の一つとして、南九州地方の早期水稻栽培で新聞古紙によるマルチを試み、その効果について検討した。特に水田の地温の変化と雑草の防除に着目して、1995年と1996年の2カ年にわたり宮崎大学農学部附属農場内の水田において、品種コシヒカリを供試して栽培実験を行った。移植直後の水田では、新聞古紙マルチ処理により昼間の地温上昇抑制効果と夜間の保温効果が認められた。また、新聞古紙マルチ処理により雑草の発生は明らかに抑制され、初期の除草剤との併用で全ての草種に対して十分な効果がみられた。新聞古紙マルチ処理により水稻の出穂期、成熟期はやや遅れたが、栄養生長量は増大して玄米収量は雑草の発生量が多かった対照区を約40%上回り、慣行栽培と同程度かやや増収となった。これは、分けつ数の確保ならびに個々の分けつの充実に伴う有効穂数の増加と一穂粒数の増加によるものと考えられた。なお、水田表層の土壤窒素は新聞古紙マルチ処理により流失を抑えられることが推察され、新聞古紙マルチ栽培体系の確立により効果的な水稻生産ができるものと考えられた。

キーワード: 古紙マルチ, 雑草防除, 水稻, 地温, 土壤窒素, 未利用資源。

近年、資源のリサイクル活動が活発となり、資源ゴミの分別回収・再利用は市民生活に定着しつつある。特に、新聞紙、雑誌、ダンボールを代表とする古紙の回収は環境保全や森林資源の保護といった点からも効果をあげている活動の一つである。しかし、活動の盛り上がりとは異なり、再利用のためのコストが高く、古紙の価格は低迷しており、回収された古紙の多くが焼却処分されているのが現状である。

ところで、畑作においては雑草防除や地温上昇を目的としてポリエチレンフィルムを利用したマルチ栽培が普及しており、水田作においても南九州を中心に行われている早期栽培水稻の出穂期、収穫期の早進化を目指したマルチ栽培の研究が進んでいる(江藤ら1994, 日吉ら1996)。ところが、ポリエチレンフィルムは圃場生態系内で分解されることは困難で、作物の収穫作業前、あるいは収穫後に圃場から撤去する必要がある。さらに撤去後のポリエチレンフィルムの処理をどうするかといった問題も生じている。一方、古紙は圃場生態系内での分解が可能であるため、使用後もそのまま圃場に鋤込むことができ、撤去および処分に伴う労力とコストを削減することが可能である。

南九州における主要な水稻作期である早期栽培は、低温期に移植を行い、最も高温期に収穫期を迎えることになる。古紙を水田に敷設することにより、雑草の抑制と低温時の保温あるいは高温時の地温上昇抑制に効果があるのではないかと考えられる。

これらをふまえて、本研究では早期水稻栽培における雑草発生状況と生育期間の地温の推移に注目して、早期水稻の生育に及ぼす新聞古紙マルチの効果について検討を行った。

材料と方法

1. 栽培方法

宮崎大学農学部附属農場の水田(宮崎県宮崎郡清武町木原)において、1995、1996年の2カ年にわたり栽培実験を行った。品種はコシヒカリを供試した。両年の播種日と移植日は、それぞれ3月9日と4月4日(1995年)、3月4日と4月1日(1996年)で、施肥は両年とも10a当り化成肥料(N-P₂O₅-K₂O:12-16-14)40kgと鶏糞50kgを基肥として施し、6月21日(1995年)あるいは6月24日(1996年)に穂肥として化成肥料(N-P₂O₅-K₂O:14-0-17)を14kg施した。栽植様式は1995年は条間30cm、株間14cmの1株6本植え、1996年は条間30cm、株間15cmの1株4本植えとした。除草剤は1995年は使用しなかったが、1996年は代かき時にプレチラクロール・ベンソフェナップ水和剤(商品名:ユニハープフロアブル)を10a当り500mL施用した。雑草については発生状況を調査した6月29日(1995年)あるいは5月30日(1996年)までは放任し、調査時に全て除草した後は適宜手取りした。

2. 処理方法

処理区は移植直後に手のひら大(不定形、1片200~400cm²)に切断した新聞古紙をm²当り0.5kg敷設して土壤表面を覆ったマルチ区と無処理の対照区とした。1995年は各区10m²とし3反復を設けた。また、1996年は処理区ごとに水田を畦で仕切った小区画(東西3m×南北12m、36m²)を設けて1区制で実験を行った。なお、敷設した新聞古紙は移植直後の深水時には浮遊状態にあったが、数日後には土壤表面まで沈降し、数層に重なり土壤を

覆った。

3. 調査方法

生育調査は1995年は連続した12株、3反復について移植後14日目より7日ごとに草丈と分けつ数を調べた。1996年は小区画内で12条間隔の3カ所で、それぞれ連続した12株について移植後10日目より10日ごとに同様の調査を行った。収穫期には坪刈り調査を行うとともに、生育調査個体を掘り取り、分解調査を行った。なお、収量調査に際しては粒厚1.80 mm以上のものを精玄米とし、精玄米重と玄米千粒重を算出した。

また、両年とも移植直後、追肥直前、収穫直後に株もとの土壌サンプリングを行い、CNコーダ(柳本, MT500型)およびセミ・マイクロケルダール法を用いて土壌窒素濃度を測定した。

雑草の発生状況については1995年は6月29日に各区0.76 m²の3反復、1996年は5月30日に南北3.6 mおきに0.81 m²、3カ所のサンプリングを行い、優占種とその乾物重を調査した。

一方、古紙マルチ処理による地温の変化を詳細に測定するため、1996年にはポット栽培実験を行った。水田土を

充填したプラスチックコンテナ(54 cm×36 cm×29 cm)を用い、3月4日に播種した苗を3月29日にポット当たり5株(株間10 cm)、1株4本植えて移植を行った。処理は水田と同様、m²当たり0.5 kgの新聞古紙で土壌表面を覆い、株の直下0, 1, 3, 8 cmの位置に温度センサを設置して、全生育期間にわたり1時間毎の地温を測定した。

結 果

1. 生育経過

両年とも移植直後の4月上旬は天候不順で活着が遅れたが、その後は比較的高温条件下で経過したため生育は順調であった。

草丈の推移には節間伸長開始時期まで新聞古紙マルチ処

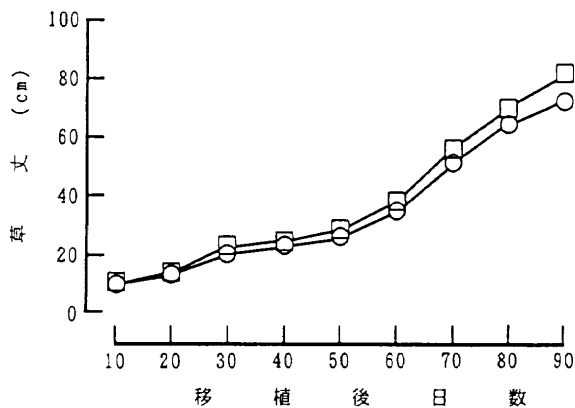
第1表 出穂期ならびに成熟期。

処理区	出穂期	成熟期
1995年		
マルチ区	7月8日	8月8日
対照区	7月7日	8月6日
1996年		
マルチ区	7月9日	8月9日
対照区	7月7日	8月7日

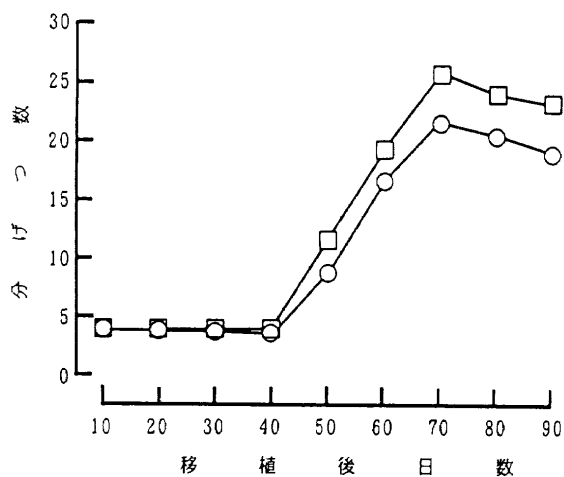
第2表 生育初期の晴天日昼間の地温(°C)。

処理区	測定位置			
	地表面	地表下1 cm	地表下3 cm	地表下8 cm
マルチ区	29.5	28.4	27.0	23.7
対照区	30.5	29.6	28.0	24.3
温度差	-1.0	-1.2	-1.0	-0.6

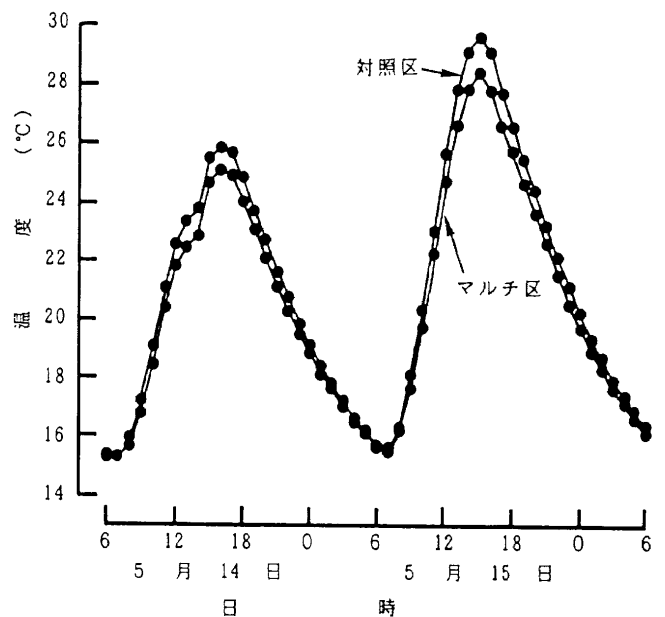
1996年5月15日15時の測定値、気温26.2°C。



第1図 草丈の推移(1996年).
□: マルチ区, ○: 対照区。



第2図 分けつ数の推移(1996年).
□: マルチ区, ○: 対照区。

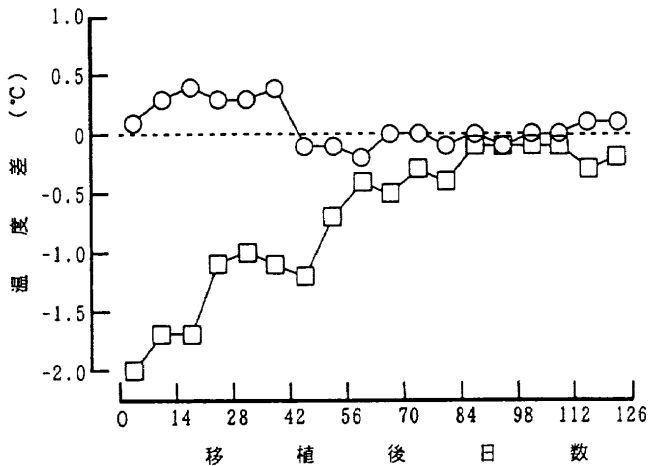


第3図 地温の日変化(地表下1 cm)。

第3表 雑草の発生状況 (1995年6月29日調査)。

処理区	草種					合計
	マツバイ	コナギ	キカシグサ	イヌホタルイ	その他	
マルチ区	72.3*	12.0*	3.7*	2.0*	41.3	131.3*
	(33)	(35)	(27)	(20)	(83)	(41)
対照区	216.3	34.0	13.7	10.0	50.0	324.0
	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)

値は3反復の平均値で乾物重 (g/m²) を示す。() 内は対照区に対する割合を示す。
*は5%水準で有意差があることを示す。



第4図 新聞古紙マルチ処理が地温に及ぼす影響 (地表下1cm)。

□: 日最高地温の処理区間差 (マルチ区-対照区),
○: 日最低地温の処理区間差 (マルチ区-対照区)。

第5表 土壌窒素濃度 (%)。

処理区	敷設直後	追肥直前	収穫期
1995年	(4月19日)	(6月24日)	(8月9日)
マルチ区	0.31	0.40**	0.31**
対照区	0.31	0.15	0.23
1996年	(4月1日)	(6月21日)	(8月9日)
マルチ区	0.12	0.13	0.14
対照区	0.13	0.15	0.15

1995年の値は3反復の平均値を示す。1996年は3カ所の平均値を示す。

**は1%水準で有意差があることを示す。

理の影響はほとんどみられなかった(第1図)が、分けつ数は移植後50日目から収穫期までマルチ区が大きく推移した(第2図)。

また、新聞古紙マルチ処理により出穂期は1ないし2日、成熟期は2日遅れた(第1表)。

2. 地温の変化

水稻の生長点に最も近いと考えられる地表下1cmの地温について、栄養生长期間中の晴天日(1996年5月14~15日)の日変化を第3図に示した。両日とも夜間には処理区間に温度差は認められなかったが、昼間はマルチ区では地温の上昇抑制がみられ、対照区に比べて約1°C低く推移した。この日の最高気温は15時の26.2°Cで、地表

第4表 雑草の発生状況 (1996年5月30日調査)。

処理区	総乾物重 (g/m ²)	優占種
マルチ区		
N	1.5	コナギ
M	0.8	コナギ
S	6.5	コナギ
平均	3.0	
	(6)	
対照区		
N	48.8	コナギ
M	36.9	コナギ
S	52.9	イヌホタルイ
平均	46.2	
	(100)	

() 内は対照区に対する割合を示す。Nは圃場の北部、Mは中央部、Sは南部からサンプリングしたことを示す。

面の温度は対照区が30.5°Cであるのに対して、マルチ区は29.5°Cで1.0°C低かった。両区とも土壌深度が深くなるほど温度は低くなったが、対照区とマルチ区との差は地表下1cmで1.2°Cとなり最も効果が大きかった(第2表)。また、第4図には全生育期間の日最高地温と日最低地温に及ぼす新聞古紙マルチ処理の影響を示した。移植日から節間伸長期に相当する移植後80日頃までの日最高地温はマルチ区が低く推移した。その地温上昇抑制効果は移植直後では2°C以上の効果がみられたが、植物体の地上部が繁茂するに従い、相対的な抑制効果は小さくなった。一方、日最低地温については移植直後から5週間程度はやや高くなる傾向がみられたが、その後は対照区との間に差は認められなかった。

3. 雑草の発生状況

除草剤を使用しなかった1995年の6月29日(移植後86日目)の雑草発生状況を第3表に示した。実験を実施した水田ではマツバイが優占種で全雑草の約3分の2を占めた。マツバイに次いでコナギ、キカシグサ、イヌホタルイの発生がみられたが、マルチ区においてはこれらの草種の発生が対照区の20~35%に抑制された。一方、代かき時に除草剤を施用した1996年の5月30日(移植後59日目)の雑草発生状況を第4表に示した。実験実施水田ではコナギとイヌホタルイが優占種であったが、除草剤を使用

第6表 収量諸形質.

処理区	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/株)	有効 穂数 (本/株)	平均 一穂重 (g)	有効 穂重 (g/株)	わら重 (g/株)	籾わら 比
1995年								
マルチ区	76.6	16.3*	18.8	18.7	1.38	25.8*	36.6	0.65
対照区	70.5	15.4	15.9	15.5	1.17	18.3	26.8	0.65
1996年								
マルチ区	82.7	17.1	19.6	18.9	1.62	30.7	34.4	0.84
対照区	74.3	16.2	17.0	16.7	1.49	24.8	29.2	0.80

1995年の値は3反復の平均値を示す。*は5%水準で有意差があることを示す。
1996年は反復なし。

第7表 収量構成要素.

処理区	最高 分けつ 数 (本/株)	有効茎 歩合 (%)	有効 穂数 (本/株)	一穂 籾数	稈実 歩合 (%)	精籾 千粒重 (g)
1995年						
マルチ区	24.4	77.5	18.7	52.6*	92.9	25.9
対照区	20.3	76.8	15.5	46.5	93.0	25.8
1996年						
マルチ区	26.0	72.8	18.9	66.6	93.1	24.4
対照区	21.7	77.2	16.7	62.7	91.5	24.5

1995年の値は3反復の平均値を示す。*は5%水準で有意差があることを示す。
1996年は反復なし。

第8表 坪刈り収量諸形質.

処理区	精籾重 (g/m ²)	わら重 (g/m ²)	精玄米重 (g/m ²)	玄米 千粒重 (g)
1995年				
マルチ区	511*	653	407*	21.7**
対照区	359	497	287	21.2
1996年				
マルチ区	578	652	482	21.0
対照区	407	578	333	20.8

1995年の値は3反復の平均値を示す。
*, **はそれぞれ5%, 1%水準で有意差があることを示す。
1996年は反復なし。

したことにより雑草の発生量は両区ともに少なかった。マルチ区でもコナギの発生がみられたが、対照区のわずかに6%であった。

4. 土壌窒素濃度

両年の土壌窒素濃度の推移を第5表に示した。土壌窒素濃度は1995年は新聞古紙敷設直後には差がみられなかったが、追肥直前、収穫期にはマルチ区が対照区に比べて明らかに高かった。しかし、1996年にはいずれの時期においても両処理区間に大きな差はみられなかった。

5. 収量諸形質

両年の収穫物の分解調査の結果を第6表に示した。両年ともマルチ区が対照区に比べて穂長は長く、有効穂重は大

きかった。さらに、1996年には稈長は長く、穂数は多く、平均一穂重も大きかった。

収量構成要素のなかでは統計的に有意な差がみられたのは1995年の一穂籾数だけであったが、両年とも有効穂数、一穂籾数はマルチ区が対照区より大きくなる傾向がみられた(第7表)。坪刈り調査の結果は両年とも精籾重、精玄米重はマルチ区が対照区を約40%上回った。わら重もマルチ区が大きく、玄米千粒重もわずかに重かった(第8表)。

考 察

早期水稲コシヒカリは1995年、1996年とも同様な生育経過を示した。移植直後の低温で活着が遅れ、初期生育は緩慢であったが、栄養生長期後半からは高温条件下で経過し、生育は旺盛であった。新聞古紙マルチ処理による草丈への影響は小さかったが、分けつ開始後はマルチ区の分けつ数が常に大きく推移し、出穂期はやや遅れた。

地温の変化をみると、生育初期の晴天日の昼間には地表下1cmの温度はマルチ区が対照区に比べて1ないし2°C低く推移し、逆に夜間は0.5°C程度高かった。第3図および第2表に示した1996年5月15日についてみると、気温が最高に達した15時の地表面の温度は、対照区が30.5°Cであるのに対してマルチ区は29.5°Cであった。対照区では土壌深度が深くなるほど温度は低かった。マルチ区も同様であったが、対照区との温度差は地表下1cmで1.2°C、3cmで1.0°C、8cmで0.6°Cとなり、新聞古紙マル

チ処理による地温の上昇抑制効果は、水稲の生長点に最も近いと考えられる地表下1 cmで最も大きかった。新聞古紙マルチ処理の効果は、生育が進み、水田表面が葉に覆われるにしたがい効果は小さくなったが、新聞古紙マルチ処理の地温に及ぼす初期の効果が水稲の幼穂分化を遅らせ、日数としてはわずかに1ないし2日ではあるが出穂の遅延、つまり栄養生長期間の延長をもたらしたものと考えられる。小林ら(1993)は再生紙で水田表面にマルチを行った場合には、移植後35日頃まで日最高地温が無マルチ区に比べて低くすることを報告しており、本実験においても同様の結果が得られた。また、永田ら(1994, 1997)は畑作で普及しているマルチ材のポリエチレンフィルムを水田で利用することを試み、地温の水稲生育に及ぼす影響は大きく、ポリエチレンフィルムマルチを用いて生育初期の地温を上げることにより、早期水稲栽培において出穂期ならびに収穫期の早進化がみられることを報告している。

一方、雑草は新聞古紙マルチ処理により発生が少なくなり、明らかな抑制効果が認められた。この抑制効果は2ヶ年の実験実施水田に関する限り、全ての草種に有効であった。また、初期の除草剤使用と新聞古紙マルチ処理を合わせ行うことで、出穂期まで雑草を抑えることが可能であると考えられた。環境保全の立場から完全無農薬・有機栽培体系の確立を目指し、除草剤を使用せず雑草発生を抑えるための栽培技術として、再生紙を用いた水田マルチの研究を行っている津野ら(1993)、湯谷ら(1993)も、再生紙マルチにより雑草抑制効果がみられ、マルチにより光透過量を少なくして相対照度10%以下にすることで、雑草は十分に抑制できることを報告しており、水田では m^2 当り0.5 kgの新聞古紙マルチ処理で、十分な雑草防除効果が得られるものと考えられる。

土壌窒素濃度の変化についてみると、移植時の窒素濃度が高く、同一用排水路を使用して処理区間を表面水が移動する条件下で実験を行った1995年には、対照区に比べてマルチ区が高くなったのに対して、移植時の土壌窒素濃度が比較的低く、処理区毎に用排水路を設けて実験を行った1996年は、処理区間に大きな土壌窒素濃度の差はみられなかった。

再生紙マルチ栽培と通常栽培の比較から、土壌中のアンモニア態窒素濃度については再生紙マルチ栽培で脱窒抑制効果がみられることが報告されている(津野ら1993, 小林ら1993)。さらに、高橋・山室(1995)は再生紙マルチにより施肥窒素の脱窒が抑制されることを報告している。また、上野(1996)は再生紙マルチにより水稲の窒素吸収量が増大することを示し、再生紙マルチ栽培に緩効性の被覆肥料を組み合わせることで、省農薬・省労力だけでなく肥効率の改善や環境保全にも寄与すると報告している。本研究で行った新聞古紙マルチは、地温の上昇抑制に伴う土壌の脱窒抑制効果と土壌表面からの窒素の流出を抑えることが考えられる。両処理区の水稲の生育量を考慮すると、

同じ土壌窒素濃度であってもマルチ区の窒素流失量は少ないと推定されるが、測定を行った処理区間を表面水が移動する1995年の場合には表面水の移動に伴い流失してしまう対照区と保持されるマルチ区との間の土壌窒素濃度に大きな差がみられた。しかし、表面水が移動しない1996年の場合は、土壌表面から流出しても処理区からの流失が少ないため両処理区間に差がみられなかったものと推察される。

宮崎大学農学部附属農場における早期水稲コシヒカリの慣行栽培の収量は、1995年が10 a当り430 kg、1996年が380 kgであったのに対して、試験区では雑草のサンプリングを行うまで除草を行わなかったことから、対照区の収量は1995年は290 kg、1996年は330 kgと低かった。しかし、雑草の発生の少なかったマルチ区の坪刈り収量は、除草剤を使用しなかった1995年で慣行栽培の95%、除草剤を使用した1996年には127%となり、雑草の発生量が多かった対照区に比べると両年とも約40%高かった。これは有効穂数と一穂粒数が確保されたことによるもので、栄養生長量の増大、具体的には分けつ数の増加や個々の分けつの充実により、穂が大きくなった結果であると考えられた。

以上のことから、早期水稲栽培において新聞古紙マルチは雑草の発生を抑制するとともに土壌窒素の流失を防ぎ、さらに移植直後の保温効果と栄養生長期前半の地温上昇抑制効果により、栄養生長量を増大させて有効穂数や一穂粒数を増やすことで増収効果をもたらすものと考えられる。

今後、作業面での労力軽減あるいは機械化を模索するとともに、水田生態系における窒素の動態をさらに詳細に調査することで、環境保全型栽培技術としてより有効な新聞古紙マルチ栽培体系を確立することが可能になると考えられる。

謝辞:本研究の実験遂行にあたり、宮崎大学農学部助教授岩崎直人博士、同学生岩本是君に多大なるご助力をいただいた。ここに記して謝意を表する。

引用文献

- 江藤博六・統栄治・永田雅輝・寺尾寛行・御手洗正文・梅崎輝尚・矢野京蔵 1994. ポリエチレンフィルムマルチ栽培による早期水稲収穫期の早進化について. 日作九支報 60:1-2.
- 日吉健二・梅崎輝尚・永田雅輝 1996. 早期水稲におけるポリエチレンフィルムマルチが根系の発達に及ぼす影響. 日作九支報 62:39-40.
- 小林勝志・宮田邦夫・伊藤邦夫 1993. 再生紙マルチ水稲栽培について. 第3報 再生紙マルチが肥効と生育に及ぼす影響. 日作紀 62(別1):32-33.
- 永田雅輝・日吉健二・梅崎輝尚 1994. 早期水稲のポリエチレンフィルムマルチ栽培システムに関する研究. (第1報) ポット水田の地温測定. 宮大農報 41:57-64.
- 永田雅輝・日吉健二・岡田芳一・梅崎輝尚・タデオ ベルナルド D.・下田傑 1997. 早期水稲のポリエチレンフィルムマルチ栽培システ

- ムに関する研究。(第2報)サーモグラフィ装置による水田の熱画像解析. 宮大農報 43:129-136.
- 高橋茂・山室成一 1995. 水田土壌における施肥窒素の行方に及ぼす再生紙マルチの影響. 土肥誌 66:267-269.
- 津野幸人・山口武視・中野淳一・河上英俊 1993. 水稲の再生紙マルチ栽培の理論的根拠ならびにその応用試験. 日作紀 62(別1):28-29.
- 上野秀人 1996. 水稲の再生紙マルチ栽培とその効用—被覆尿素肥料活用による施肥改善を中心に—. 農及園 71:484-488.
- 湯谷一也・小林勝志・三谷誠次郎・伊藤邦夫 1993. 再生紙マルチ水稲栽培について. 第2報 水田雑草の発生におよぼす影響. 日作紀 62(別1):30-31.

Effects of Used-paper Mulching on Growth of Early-season Culture Rice: Teruhisa UMEZAKI* and Kazunori TSUNO
(*Fac. of Agr., Miyazaki Univ., Miyazaki 889-2192, Japan*)

Abstract: The purpose of this study was to find practical-use methods of untapped resources, especially used-paper, which have been collected through recycling systems as organic materials in agriculture. The effects of used-paper mulching were studied on the growth and yield characteristics of early-season culture rice, cv. Koshihikari, in the southern part of Kyushu. The experiments were carried out at the University Experimental Farm, Miyazaki University in 1995 and 1996. Used-paper mulching treatment lowered soil temperature during the daytime and raised it slightly at night in the early vegetative growth stage. Since the vegetative growth stage was prolonged by the mulching treatment, heading time and maturing time were delayed. Mulching treatment had much the same or higher grain yield than usual cultivation methods at the farm, and was effective in the control of competition with weeds. The higher grain yield was due to the increase of productive tillers and number of grains per head. Weeds were controlled effectively by the mulching treatment. It seemed very effective to use paper mulching collectively with herbicide in the early stage to control all kinds of weeds in the paddy field. It was estimated that the loss of soil nitrogen from the surface of paddy field was reduced by the mulching treatment. We concluded that mulching the surface of a paddy field with used-paper is very effective to obtain a high yield and reduce the usage of chemicals in paddy field cropping.

Key words: Paddy rice, Soil nitrogen, Soil temperature, Untapped resource, Used-paper mulching, Weed control.