日作紀（Jpn. J. Crop Sci.）68(3)：364—369（1999）

緑肥利用による水稲湛水土中散播栽培と慣行移植栽培における収量性の比較

遠藤直生*・河西ちほみ・井村光夫
（石川県農業短期大学）

要旨：緑肥作物としてレンゲを用いた湛水土中散播栽培水稲と，レンゲもしくはアゾラを用いた慣行移植栽培水稲の収量性を，化学肥料を用いた各栽培法の収量性と比較し，低コスト省力稲作と環境保全型稲作の両立の可能性について検討した．いずれの栽培法においても，レンゲ鋤込み後，入水・代かきまでの乾田期間の長さによる収量関連形質への影響はみられなかった．また，いずれの栽培法においても，レンゲ施用区の収量は化学肥料施用区に対して劣り，湛水土中散播栽培法では約3割減収，慣行移植栽培法では約1割減収であった．本試験ではアゾラによる水稲増収効果はみられず，アゾラの施用法には工夫が必要であると考えられた．

キーワード：アゾラ，収量性，水稲慣行移植栽培，水稲湛水土中散播栽培，レンゲ．

水稲の低コスト省力栽培法として，湛水土中散播栽培法が挙げられる．本栽培法は代かき作業を必要とするため，乾田直播栽培法に比べて低コスト省力の点では劣るが，播種時の気象適応性，田面水の保温性による出芽率の向上および雑草制御技術において優るため，北海道や東北などの寒冷地における栽培にも適している．また，北陸の重粘土地帯のように，春先の砕土作業が困難なために乾田直播栽培法を行い難いような圃場にも適している．一方，緑肥作物としてのレンゲ（*Astragalus sinicus* L.）は，過去には日本各地で栽培されていたが，化学肥料の普及や水稲の移植が早期化していることなどにより，その栽培はほぼ途絶えていた．しかし，近年，環境保全型農業の重要性が認識され，その価値が見直されてきており，レンゲ以外にもヘアリーベッチ（*Vicia villosa* Roth.）などのマメ科緑肥作物が注目されている．また，レンゲの施用方法については，レンゲ鋤込みもしくは草生状態から入水・代かきまでの乾田期間の長短が土壌の化学性に及ぼす影響を調査した報告はあるが（富山農試 1963，川瀬・北嶋 1993，遠藤・井村 1995），いずれもポット試験での調査であり，実際の圃場条件下における水稲の生育・収量に及ぼす影響を調査した報告はみあたらない．マメ科以外でも，アゾラ類（*Azolla imbricata*（Roxb.）Nakai（和名オオアカウキクサ），*Azolla japonica* Fr. et Sav.（和名アカウキクサ）など）は，空中窒素を固定し，非常に増殖力が強く，また水稲と同時に湛水田で栽培できることから，土地利用効率向上の面でも非常に優れた緑肥作物と位置付けられている（Hansen 1994，古野 1995，渡辺 1995，宇根 1998）．

本報では，緑肥作物としてレンゲを用いた湛水土中散播栽培水稲とレンゲもしくはアゾラ（オオアカウキクサを使用）を用いた慣行移植栽培水稲の収量性を化学肥料を用いた各栽培法の収量性と比較し，低コスト省力稲作と環境保全型稲作の両立のための技術確立の可能性について検討した．

材料と方法

試験は，1997年に石川県農業短期大学附属実験農場で行い，30 aの同一水田内に設けた区画を使用し，1区画を湛水土中散播栽培区（5 a），他の1区画を慣行移植栽培区（5 a）とした．供試水稲品種は石川県の奨励品種である早生のほほほの穂を用いた．

前年作の水稲立毛中の1996年9月中旬に早生レンゲ種子4 kg 10 a^{-1}を2区画の各半分（各2.5 a）に播種し，それらをさらに8等分（約30 m^2ずつ）して試験区を設定した．レンゲ鋤込み処理を行った区はVで表し，湛水土中散播による水稲栽培を行った区はB，慣行移植による水稲栽培を行った区はTで表し，レンゲ鋤込み時期の早晩を1〜4の数字で表し，2つの反復をIおよびIIで表した（第1表）．4月10日（VB1-IおよびII，VT1-IおよびII）および4月17日（VB2-IおよびII），4月24日（VB3-IおよびII，VT2-IおよびII），5月1日（VB4-IおよびII，VT3-IおよびII），5月8日（VT4-IおよびII）の5回に渡って，各区各反復におけるレンゲ植物体およびその他の雑草の生育量調査を3 m^2の円形坪刈り法により行った．坪刈り後，レンゲと雑草とを区別して生草重を測定し，乾物率測定および窒素分析用にごく一部を取分け，残りの大部分を元へ戻し，その日のうちにロータリー耕で鋤込んだ．窒素分析には住友化学NC-80 Autoを用い，乾式燃焼法により炭素および窒素含有率を求めた．

湛水土中散播栽培区では，レンゲを栽培しなかった2.5 aをさらに2等分し，一方を化学肥料施用区（CB），他方を無肥料区（NB）とした．慣行移植栽培区では，レンゲを栽培しなかった2.5 aをさらに4等分し，各々，化学肥料施用区（CT）および無肥料区（NT），化学肥料アゾラ併用区（CAT），アゾラ施用区（AT）とした（第1表）．湛水土中散播栽培区の化学肥料施用区（CB）およびレンゲ施用区（VB），無肥料区（NB）の各区では5月1日に入水，5月2日に代かきを行い，5月5日，落水後の

1999年3月29日受理．＊連絡責任者（〒921-8836 野々市町石川県農業短大．endou@ishikawa-c.ac.jp）．本研究の一部は文部省科学研究費補助金基盤研究（A）(2)（No．07556008）および笹川科学研究助成（No．8-260）によった．

NII-Electronic Library Service

第1表　処理区構成および各区の窒素施用量.

区名	肥料の種類	栽培法	窒素施用量 (kg10a^{-1}) 基肥 化学肥料	基肥 レンゲ	穂肥 化学肥料	穂肥 アゾラ	計
CB	C (化学肥料)		8.0	-	-	-	8.0
VB	V (緑肥レンゲ) 鋤込み時期の順で1～4に細分	B (湛水土中散播)	-	2.7	-	-	2.7
NB	N (無肥料)		-	-	-	-	0
CT	C (化学肥料)		3.0	-	7.0	-	10.0
VT	V (緑肥レンゲ) 鋤込み時期の順で1～4に細分		-	2.7	-	-	2.7
NT	N (無肥料)	T (慣行移植)	-	-	-	-	0
CAT	CA (化学肥料+緑肥アゾラ)		3.0	-	7.0	3.2	13.2
AT	A (緑肥アゾラ)		-	-	-	3.2	3.2

田面に，ハト胸状の催芽籾に過酸化石灰剤（商品名：カルパー16粉粒剤）を被覆したペレット状種籾(重量比でカルパー16：床土：乾籾＝2：2：1）を乾籾換算で播種密度5 gm^{-2}，播種深度約1 cmとなるように動力散布機を用いて播種した．種子を土壌に固定することと苗立ち率向上のために，播種後5日間落水状態とした．慣行移植栽培区の化学肥料施用区（CT）およびレンゲ施用区（VT），無肥料区（NT），化学肥料アゾラ併用区（CAT），アゾラ施用区（AT）の各区では5月8日に入水，5月9日に代かきを行い，5月12日，落水後の田面に，3.5～4葉期の稚苗を1株4～5本植え，栽植密度22.2株（条間30 cm，株間15 cm）となるように機械移植した．その後の水管理に関しては，両栽培区とも慣行に準じた．

基肥として，化学肥料施用湛水土中散播栽培区（CB）に対して4月24日にLP 100（成分量で窒素40%，リン酸0%，カリ0%，以降，40—0—0と表記）を20 gm^{-2}とPK08（0-20-18）を30 gm^{-2}（穂肥分も含む．窒素，リン酸，カリ施肥量はそれぞれ計8，6，4.8 gm-2，以下同様），化学肥料施用および化学肥料アゾラ併用慣行移植栽培区（CT，CAT）に対して5月9日にLP40（40—0—0）を7.5 gm^{-2}とPK08（0—20—18）を30 gm^{-2}（計3，6，4.8 gm^{-2}）施用した．中間追肥として，化学肥料施用湛水土中散播栽培区（CB），化学肥料施用および化学肥料アゾラ併用慣行移植栽培区（CT，CAT）に対して7月10日に珪酸カリ（0—0—17）を30 gm^{-2}，穂肥として，化学肥料施用および化学肥料アゾラ併用慣行移植栽培区（CT，CAT）に対して7月14日にBB 255（22—5—15）を32 gm^{-2}（7.04，1.6，4.8 gm^{-2}，全生育期間を通じた施肥量合計は10.04，7.6，9.6 gm^{-2}），各々施用した．

化学肥料アゾラ併用およびアゾラ施用慣行移植栽培区（CAT，AT）に対しては，6月6日に簡単に水を切った状態の生草重で1.5 kg（60 kg 10 a^{-1}）のアゾラを施用した．

各区とも成熟期に，湛水土中散播栽培区では3 m^{2}の円形坪刈りを，慣行移植栽培区では1.2 m（4条）×2 mの方形坪刈りを行い，約2週間の架干し後，地上部全重，ワラ重，精籾重（試験用脱穀機で脱穀して得られた籾の重さ．登熟不良の籾は一部除かれている），粗玄米重（精籾を試験用籾摺り機で籾摺りして得られた玄米の重さ），精玄米重（粗玄米から粒厚1.7 mm未満のものを除いた玄米の重さ）を調査した．なお，収量調査については，レンゲ施用区においては各区各反復に対して1個所ずつ行った(2反復)．それ以外の処理区においては各区より生育中庸な個所を抽出し，2反復で行った．

結　果

1. レンゲとアゾラの施用量および全窒素施用量について

レンゲ収穫物については，刈取日および場所によるレンゲ収量および窒素含量には有意差がみられなかった（結果略）．その結果，レンゲ生草収量は全体の平均で681 kg 10 a^{-1}，乾物収量は89 kg 10 a^{-1}，窒素含量は3.0%であった．これらの値から推定すると，レンゲ施用区（VB，VT）には基肥としてレンゲ由来の窒素が約2.7 kg 10 a^{-1}鋤込まれたことになる．ただし，本試験においては，レンゲ地下部や耕起前の雑草（主にスズメノカタビラとスズメノテッポウ）に含まれる窒素量については考慮していない．また，7月下旬のアゾラ生草収量は推定で約2000 kg 10 a^{-1}，乾物収量は80 kg 10 a^{-1}，窒素含量は4.0%であったので，アゾラ施用区（CAT，AT）には穂肥としてアゾラ由来の窒素が約3.2 kg 10 a^{-1}施用されたことになる．

これらより，各区の窒素施用量は，化学肥料施用湛水土中散播栽培区（CB）8.0 kg 10 a^{-1}（全量基肥），レンゲ施用湛水土中散播および慣行移植栽培区（VB，VT）2.7 kg 10 a^{-1}，無肥料湛水土中散播および慣行移植栽培区（NB，NT）0 kg 10 a^{-1}，化学肥料施用慣行移植栽培区（CT）10.0 kg 10 a^{-1}（うち基肥3.0 kg 10 a^{-1}，穂肥7.0 kg 10 a^{-1}），化学肥料アゾラ併用慣行移植栽培区（CAT）13.2 kg 10 a^{-1}（うち基肥3.0 kg 10 a^{-1}，穂肥7.0 kg 10

NII-Electronic Library Service

a^{-1}，アゾラ 3.2 kg $10\,a^{-1}$），アゾラ施用慣行移植栽培区（AT）3.2 kg $10\,a^{-1}$であった（第1表）。

2. 水稲の収量関連形質について

両栽培法とも，レンゲの鋤込み時期による収量関連形質への影響はみられなかった（データ省略）ので，以降，各区2反復の値を平均して求められたVB1～4およびVT1～4の値を両栽培法におけるレンゲ施用区の反復とみなし，レンゲ施用湛水土中散播栽培区（VB）およびレンゲ施用慣行移植栽培区（VT）を各々4反復の処理とみなして結果を解析した。

(1) 同一水稲栽培法における窒素施用形態の違いが水稲の収量関連形質に及ぼす影響

1) 湛水土中散播栽培における化学肥料施用区（CB）とレンゲ施用区（VB），無肥料区（NB）の比較（第2表）

化学肥料施用区（CB）とレンゲ施用区（VB）の株数が無肥料区（NB）に比べてかなり多かったが，これは散播の苗立ちにムラがあったのを坪刈り個所として採取したことによる。しかし，苗立ちムラによる株数不足は，栽培管理が同じであれば，穂数による補償作用が働くことにより，収量関連形質，とくに収量そのものにはあまり影響を及ぼさないと考えられるため（遠藤・井村 1993，江原ら 1998），3処理区を同列に扱って解析した。穂数に関しては化学肥料施用区（CB）とレンゲ施用区（VB）の間に有意差がみられず，無肥料区（NB）に比べて有意に多く，レンゲの肥効が認められた。しかし，全重，精籾重，粗玄米重，精玄米重のいずれも，レンゲ施用区（VB）は無肥料区（NB）と同様，化学肥料施用区（CB）に比べて有意に少なく，レンゲの肥効による増収効果はみられなかった。

2) 慣行移植栽培における化学肥料アゾラ併用区（CAT）と化学肥料施用区（CT），レンゲ施用区（VT），アゾラ施用区（AT），無肥料区（NT）の比較（第3表）

穂数は，化学肥料アゾラ併用区（CAT），化学肥料施用区（CT），レンゲ施用区（VT），アゾラ施用区（AT），無肥料区（NT）の順に少なくなり，化学肥料およびレンゲ，アゾラによる投入窒素量の順とおおむね一致した。ただし，いずれも次順位の処理区との間には有意差がみられず，アゾラ施用に対するレンゲ施用の効果や無肥料に対するアゾラ施用の効果は認められなかった。全重については，化学肥料アゾラ併用区（CAT）と化学肥料施用区（CT）が有意に大きく，レンゲ施用区（VT）がそれに次ぎ，アゾラ施用区（AT）と無肥料区（NT）は有意に小さかった。ワラ重では，アゾラ施用区（AT）は化学肥料アゾラ併用区（CAT）や化学肥料施用区（CT）と同等の高い値となり，レンゲ施用区（VT）と同じかやや高かった。精籾重，粗玄米重，精玄米重に関しては，化学肥料アゾラ併用区（CAT）と化学肥料施用区（CT）の間に有意

第2表 湛水土中散播栽培における化学肥料施用（CB）区とレンゲ施用（VB）区，無肥料（NB）区の比較。

処理区名	株数 ($株m^{-2}$)	穂数 ($本m^{-2}$)	全重 (gm^{-2})	ワラ重 (gm^{-2})	精籾重 (gm^{-2})	粗玄米重 (gm^{-2})	精玄米重 (gm^{-2})
CB	125 ± 39.5 a	417 ± 24.0 a	1405 ± 182.0 a	612 ± 71.5 a	743 ± 109.5 a	582 ± 85.0 a	559 ± 77.5 a
VB	106 ± 9.9 a	374 ± 8.6 a	1031 ± 47.4 b	507 ± 10.1 b	526 ± 7.6 b	405 ± 8.2 b	396 ± 8.1 b
NB	48 ± 8.0 b	273 ± 40.5 b	977 ± 23.5 b	398 ± 25.0 c	513 ± 20.5 b	403 ± 12.5 b	389 ± 9.5 b

平均値±標準誤差（CB，NBではn=2，VBではn=8）。
同一記号の付いた値間には5%水準の有意差がない（フィッシャーのLSD法による）。

第3表 慣行移植栽培における化学肥料アゾラ併用（CAT）区と化学肥料施用（CT）区，レンゲ施用（VT）区，アゾラ施用（AT）区，無肥料（NT）区の比較。

処理区名	穂数 ($本m^{-2}$)	全重 (gm^{-2})	ワラ重 (gm^{-2})	精籾重 (gm^{-2})	粗玄米重 (gm^{-2})	精玄米重 (gm^{-2})
CAT	392 ± 4.0 a	1340 ± 23.0 a	551 ± 12.5 a	755 ± 12.5 a	597 ± 16.0 a	574 ± 21.5 a
CT	365 ± 38.5 ab	1363 ± 37.5 a	559 ± 29.5 a	776 ± 20.0 a	610 ± 17.5 a	596 ± 16.0 a
VT	338 ± 5.1 bc	1168 ± 20.5 b	472 ± 8.5 b	667 ± 16.8 b	521 ± 15.0 b	502 ± 14.1 b
AT	312 ± 16.5 cd	1034 ± 33.5 c	509 ± 51.0 ab	511 ± 27.5 c	345 ± 55.0 c	338 ± 53.0 c
NT	295 ± 20.0 d	934 ± 16.5 c	409 ± 8.5 c	497 ± 11.5 c	388 ± 4.5 c	381 ± 5.0 c

平均値±標準誤差（CAT，CT，AT，NTではn=2，VTではn=8）。
同一記号の付いた値間には5%水準の有意差がない（フィッシャーのLSD法による）。

NII-Electronic Library Service

第4表　レンゲ施用下における湛水土中散播栽培（VB）区と慣行移植栽培（VT）区の比較.

処理区名	株数 ($株m^{-2}$)	穂数 ($本m^{-2}$)	全重 (gm^{-2})	ワラ重 (gm^{-2})	精籾重 (gm^{-2})	粗玄米重 (gm^{-2})	精玄米重 (gm^{-2})
VB	106±9.9 a	374±8.6 a	1031±10.1 b	507±10.1 a	526± 7.6 b	405± 8.2 b	396± 8.1 b
VT	20±0.2 b	338±5.1 b	1168±20.5 a	472± 8.5 b	667±16.8 a	521±15.0 a	502±14.1 a

平均値±標準誤差（n=8）.
同一記号の付いた値間には5％水準の有意差がない（フイッシャーのLSD法による）.

差はみられず，また，アゾラ施用区（AT）と無肥料区（NT）の間にも有意差はみられなかった.

(2) 基肥レンゲ鋤込みにおける水稲栽培法の違いが水稲の収量関連形質に及ぼす影響（第4表）

湛水土中散播栽培区（VB）の株数，穂数，ワラ重が慣行移植栽培区（VT）に比べて有意に多かった．精籾重，粗玄米重，精玄米重については慣行移植栽培区（VT）の方が有意に多くなり，籾および玄米収量に対するレンゲの肥効は慣行移植栽培区（VT）の方に大きく現れた．化学肥料施用区や無肥料区では両栽培法の籾，玄米収量ともに有意差が認められなかった（統計分析結果省略）ことと合わせて考えると，湛水土中散播栽培区の生育期の遅れによってレンゲの肥効が相対的に早く切れたことがその原因と考えられる.

考　察

通常，レンゲの鋤込み時期から代かきまでの乾田期間が短いと，レンゲ植物体の分解に伴って有機酸の発生や酸化還元電位の急激な低下が起こり，水稲の生育に有害であると言われている（末次 1954，富山農試 1963，橋元・松崎 1976，橋元 1977）．一方，鋤込み後乾田状態に長く放置すると，窒素の損失が多くなることも報告されている（安江 1993）．これらより，鋤込みから入水・代かきまでは5日間（富山農試 1963）または1週間（橋元・松崎 1976，橋元 1977）程度空けるのがよいとされている．しかし，これらの報告は全てポット試験によるものであり，実際の圃場試験で鋤込みから入水・代かきまでの日数の長短が水稲の生育・収量に与える影響を調査した報告はみあたらない．今回の試験では，湛水土中散播栽培区でレンゲ鋤込みから入水・代かきまでの期間を約3週間から1日まで，慣行移植栽培区でレンゲ鋤込みから入水・代かきまでの期間を約4週間から1日まで，各々4段階の乾田期間を設定したが，いずれの処理区においても収量関連形質に対する乾田期間の長短の影響は認められなかった．また，4月10日から5月8日までの5回に渡るレンゲ収量調査においても，調査実施日によるレンゲ収量に有意差がみられず，4月中旬時点ですでにレンゲの生長がほぼ停止していた．ゆえに，5月上旬に代かき・移植または湛水土中散播栽培を行う当地においては，慣行移植栽培と湛水土中散播栽培のいずれにおいても，4月中旬から代かき直前のいずれの時期にレンゲ鋤込みを行っても収量関連形質上相違がみられなかったと考えられる．ただし，最適条件下でのレンゲ生草収量は約4000 kg 10 a^{-1} である（橋元 1977，安江 1993）のに対して，本試験での生草鋤込み量は全体の平均値で681 kg 10 a^{-1} であり，最適条件下における値の約1/6と，明かに少なかった．この原因として，全く化学肥料を用いず，純粋にレンゲのみによる緑肥効果を検討するために，レンゲ生育初期に推奨されている施肥（(1，4，3 gm^{-2})～(2，7，5 gm^{-2})）（安江 1993）を行わなかったことが挙げられよう．さらに，過去に緑肥レンゲの利用が盛んであった頃に比べて約1カ月ほど水稲の移植が早期化していることに伴って，レンゲ鋤込み時期における気温および地温，水温が低く，その結果，レンゲ植物体の分解に伴う有機酸の発生や酸化還元電位の低下が従来の報告ほど急激ではなかったこともその一因と考えられる．また，本圃場は扇状地の中央部に位置し，土質は砂壌土であり，代かきした水田でも日減水深が約2.4 cmとやや大きい．そのため，北陸地方に特有な重粘土壌とは異なり，レンゲ鋤込み，入水・代かき後に発生する有機酸が比較的迅速に溶脱することが考えられる．これらレンゲ鋤込み量と時期および土質の要因によりレンゲ鋤込み直後に入水・代かきを行っても水稲の生育に影響を及ぼさなかったことも十分考えられることから，圃場レベルにおけるレンゲ鋤込み時期の水稲の生育・収量に及ぼす影響については，引き続き調査する必要があろう.

また，最近では，鋤込みレンゲのみを基肥とし，その後の施肥を行わない水稲栽培のデータはほとんど報告されておらず，数少ないレンゲ利用水稲作の試験においてもその多くは，レンゲを基肥とし，穂肥段階で化学肥料を使用している．そのため，今回の試験結果と単純に比較することはできないが，川瀬・北嶋（1993）によると，基肥としてレンゲ生草を4600 kg 10 a^{-1} もしくは3500 kg 10 a^{-1} 鋤込み，穂肥として窒素を2.0 kg 10 a^{-1} 施用した結果，収量は各々572 kg 10 a^{-1}，576 kg 10 a^{-1} であった，と報告されている．また，基肥としてレンゲ生草を1890 kg 10 a^{-1} もしくは2835 kg 10 a^{-1} 鋤込み，過リン酸石灰および塩化カリウムを加え，穂肥を施用しなかった試験では，各々424 kg 10 a^{-1}，478 kg 10 a^{-1} の精玄米重が報告されている（富山農試 1963）．これらの値と本試験の平均950 kg 10 a^{-1} のレンゲ生草を鋤込んだレンゲ施用慣行移植栽培区

NII-Electronic Library Service

（VT）の精玄米重502 kg 10 a^{-1}とを比較すると，本試験における収量は決して低いものではないと考えられる．一方，緑肥レンゲの栽培が盛んであった1960年前後には，現在の水稲湛水土中散播栽培法が開発されておらず，本試験のレンゲ施用湛水土中散播栽培区（VB）に当たる報告はみあたらない．そこで，両栽培法における結果を比較すると，レンゲ鋤込みによる水稲の増収効果は，湛水土中散播栽培におけるよりも慣行移植栽培における方がより大きいことが認められた．同時に調査したレンゲ施用湛水土中散播栽培区（VB）とレンゲ施用慣行移植栽培区（VT）の水稲の窒素吸収パターン（データ省略）によると，湛水土中散播栽培区（VB）では7月中旬以降，葉色値の急激な減少がみられたのに対し，慣行移植栽培区（VT）ではそれが認められなかったことから，長い期間窒素を吸収し，保持していたと考えられる．また，5月中旬の時点で，慣行移植栽培区（VT）は湛水土中散播栽培区（VB）に比べて葉数にして約4枚，生育が進んでいた．その結果，レンゲ由来の窒素をより多く吸収できるだけの稲体が早くから形成され，それが幼穂形成期のずれ（出穂期でVTの方がVBより約3日早かった）につながり，湛水土中散播栽培区（VB）よりも慣行移植栽培区（VT）の方がレンゲの肥効をよりタイミングよく活用することができたものと考えられる．ゆえに，湛水土中散播栽培法では，水稲の生育パターンを早め，レンゲ肥効発現パターンとできるだけ同調させる方法を考える必要がある．さらに，湛水土中散播栽培区の苗立ち密度が場所によってかなり高くなり，最高分げつ期における湛水土中散播栽培区（VB）の茎数700本 m^{-2}～800本 m^{-2}は，慣行移植栽培区（VT）の茎数440本 m^{-2}～470本 m^{-2}の約2倍弱もあった．そのため，慣行移植栽培区（VT）の有効茎歩合が83%であったのに対して湛水土中散播栽培区（VB）のそれは59%と低く，収量低下の一因となったものと考えられた．

次にアゾラ施用についてみると，アゾラ施用慣行移植栽培区（AT）の収量と無肥料慣行移植栽培区（NT）の収量の間に有意差はみられず，アゾラ施用の効果は全く認められなかった．福岡県など暖地における報告（古野 1995，宇根 1998）はあるが，北陸地方におけるアゾラ施用の報告はみられないので，本試験の慣行移植栽培区において導入してみた．アゾラの増殖の様子についての詳しい調査は行わなかったが，6月6日に各区1.5 kg（60 kg 10 a^{-1}）施用したアゾラは，7月下旬には化学肥料アゾラ併用およびアゾラ施用慣行移植栽培区（CAT，AT）各0.6 aの田面を覆い尽くし，かつ互いに重なり合うほど増殖していたので，アゾラの生育量としては十分であったものと思われる．しかし，イネがある程度大きくなるまで待ってアゾラを施用したことと，アゾラの増殖のためにそれまで落水することができなかったことから，アゾラの乾燥，分解，イネへの肥効発現，という一連の過程の進行は8月中旬以降にずれ込んだことが考えられ，アゾラ施用による増収効果が認められなかったものと推察された．当地における7月中旬の穂肥期にアゾラによる肥効を発現させるためには，梅雨による土壌の湿潤状態も考慮に入れると，遅くとも6月中下旬頃までにはアゾラを十分に増殖させ，アゾラを乾燥，枯死させるために徹底した中干しが重要であると考えられた．当地での農作業暦や生育初期の気温・水温を考慮すると，アゾラの迅速な増殖のためにはかなり早い時期に大量のアゾラを施用することが基本となると考えられ，施用時期およびその量に関して今後検討する必要がある．また，本試験の翌年には試行的に湛水土中散播栽培区へのアゾラの導入を試みたが，風でアゾラが移動する際にイネを押倒さないように，イネがある程度の大きさに成長するまでアゾラの施用を待たなければならなかったことから，アゾラの施用が6月中旬にまで遅れた．また湛水土中散播栽培区ではイネ個体の配置がランダムなために，アゾラが水面上をうまく拡散せず，慣行移植栽培区に比べてアゾラによる田面の被覆がうまく行われなかった．以上の結果より，アゾラを利用した水稲湛水土中散播栽培法を確立するためには，アゾラの施用法を含め，解決すべき課題は多い．

引用文献

江原宏・森田脩・金子忠相・藤山尭然 1998. 異なる苗立ち密度条件下における散播水稲個体の生育と収量の補償作用. 日作紀 67：11—19.

遠藤直生・井村光夫 1993. 水稲の湛水土中散播における株数不足補償作用—播種期の違いによる出芽・苗立ち差間の補償作用—. 日作紀 62(別1)：8—9.

遠藤直生・井村光夫 1995. 水稲の不耕起レンゲ草生直播栽培—湛水開始直後の土壌化学性の変化—. 北陸作物学会報 31(別)：10—11.

古野隆雄 1995. 続・アイガモ水稲同時作 3—1カ月で1000倍，アゾラ急増殖！！ イネは開張，カモはお腹いっぱい—. 現代農業 1995(9)：188—191.

Hansen, A. P. 1994. Symbiotic N_2 Fixation of Crop Legumes. Margraf Verlag, Weikersheim. 9—10.

橋元秀教・松崎敏英 1976. 土つくり講座 V. 有機物の利用. 農文協, 東京. 116—119.

橋元秀教 1977. 有機物施用の理論と応用. 農文協, 東京. 147—152.

川瀬昭・北嶋敏和 1993. レンゲ跡水稲の生産安定肥培管理法. 土肥誌 64：444—447.

末次勲 1954. 北陸・東北地方のレンゲ作と水稲. 農及園 29：166—170.

富山県農業試験場 1963. 水稲に対する緑肥レンゲの肥効増進に関する土壌肥料学的研究. 富山県農業試験場報告 特第5号：58—78.

宇根豊 1998. 空中窒素を固定して，急増殖—赤浮草（アゾラ）で覆って除草，干せば穂肥に—. 現代農業 1998(5)：182—185.

渡辺巌 1995. 雑草を抑えて，地力もアップ—アゾラってどんな植物？—. 現代農業 1995(6)：294—298.

安江多輔 1993. レンゲ全書. 農文協, 東京. 160—166.

NII-Electronic Library Service

Comparison of the Yield of Direct-sowed Paddy Rice and Conventionally Transplanted Paddy Rice Cultivated Using Green Manure

: Naoki ENDO*, Chihomi KASAI and Mitsuo IMURA (*Ishikawa Agr. College, Nonoichi 921-8836, Japan*)

Abstract: A field trial was conducted to establish an economic and environment-conservative rice culture. The yields of the direct-sowed paddy rice cultivated using Chinese milk vetch (*Astragalus sinicus* L.) as green manure and conventionally transplanted paddy rice cultivated using Chinese milk vetch or azolla (*Azolla imbricata* (Roxb.) Nakai) were compared with those cultivated using chemical fertilizers. The length of the period from plowing of Chinese milk vetch under the soil to the beginning of irrigation and puddling did not affect any yielding characters in either culture. The yield in the plot with Chinese milk vetch was about 30% lower than that in the plot with chemical fertilizers in the direct-sowed rice and about 10% lower in the conventionally transplanted rice. In this study, azolla did not increase rice yield, and further studies are needed to determine the effective method for application of azolla onto the rice field.

Key words: Azolla, Chinese milk vetch, Conventional transplanting culture of paddy rice, Direct sowing of paddy rice into puddled and leveled soil, Yielding ability.

NII-Electronic Library Service