

栽培法の違いが水田における雑草の発生と 水稲の生育・収量におよぼす影響

—特にアイガモ農法に着目して—

磯部勝孝^{*1)}・浅野紘臣²⁾・坪木良雄¹⁾

(¹⁾日本大学, ²⁾日本大学短期大学部)

要旨: アイガモの放飼による除草効果や水稲の収量への影響を検討するとともに、水稲の稈に対する影響を明らかにするため、1994年と1996年に試験を行った。試験区は無処理区、アイガモ区、慣行区の3区を設けた。アイガモ区は、有機質肥料のみを施用し、アイガモを放飼した。無処理区は、アイガモ区の一部に金網を張ってアイガモの侵入を防止した。慣行区は、化学肥料や農薬を使用して水稲栽培を行った。アイガモの放飼による除草効果は極めて大きく、慣行区とほぼ同様の収量を得た。アイガモの放飼による除草効果が顕著であった理由は、アイガモの雑草摂食と水掻きにより土壌表面を攪拌したことと濁り水の効果によると思われる。1994年の結果では、無処理区はアイガモ区に比べ雑草の発生が多く、収量の低下が認められた。しかし、1996年の結果では、雑草の発生が少なくアイガモ区と慣行区では収量に差がなかった。このことからアイガモの放飼を続けると土壌中の雑草種子数の減少にともなって、雑草の発生個体数が減少し水稲と雑草の競合が小さくなるものと考えられる。アイガモの放飼は、水稲の稈の形質には影響をおよぼさなかった。しかし、無処理区やアイガモ区の稈は、肥料として有機質肥料を使用しているため、慣行区に比べ第4、第5節間が短く、第3節間の短径が大きく、葉鞘付挫折モーメントや倒伏指数も小さくなり、慣行区に比べて耐倒伏性が高まったものと思われる。

キーワード: アイガモ, 稈, 栽培法, 雑草防除, 水稲。

近年、作物栽培においても環境保全が求められるようになり、農薬や化学肥料の使用を制限する動きがある。このようななかで、我が国の西南暖地を中心に水稲栽培におけるアイガモ農法が普及しつつある(古野 1992, 萬田 1992)。この農法は、水田にアイガモを一定期間放飼することで、雑草や害虫の防除、アイガモの糞による養分供給が期待できる(廣谷ら 1949, 1953, 立崎 1951, 萬田ら 1993a, c)。アイガモ農法に関する報告は、これまでにいくつかあるが、いずれも単年度での調査であり、アイガモの放飼による雑草防除や水稲の収量に対する効果を複数年にわたって調査したものはない。また、過去の報告では主にアイガモの放飼による水稲の収量や雑草防除に対する効果を検討したものが多く、水稲の稈や耐倒伏性について調査したものはない。水稲が倒伏するか否かは、米の収量や品質に多大な影響をおよぼす(Basakら 1962, 氷高 1968)。また、水稲の耐倒伏性は、栽培法が異なると著しく変化することが明らかにされており、窒素過多、過繁茂および深水処理によって耐倒伏性は減少すると言われている(瀬古ら 1957, 1958, 瀬古 1962, Basakら 1962, 川原・中里見 1966, 森田・金 1981)。通常、アイガモ農法では有機質肥料が中心で化学肥料をまったく使用しないか、使用しても少量である。また、アイガモの放飼期間中(40から50日間)は水田にたえずアイガモの糞が供給されている。このことからアイガモ農法では、水稲の稈におよぼす影響が慣行農法と異なると思われる。このことは結果的に水稲の収量や品質にも影響をもたらす可能性がある。このようなことから本報においては、アイガモの放飼と有機

質肥料の施用による除草効果と水稲の稈および収量への影響を慣行農法と比較検討した。

材料と方法

試験は、神奈川県愛川町の農家の水田で1994年と1996年に行った。試験の実施場所は周囲を低い山に囲まれた盆地帯であり、県内では比較的水田がまとまって存在する地域で、試験を行った水田の土壌は沖積土壌である。試験は各区とも品種としてコシヒカリを用い、稚苗により機械移植した。

1. 試験区の構成

試験区はいずれの年も無処理区、アイガモ区、慣行区の3区を設けた。アイガモ区と無処理区は、1992年から1996年まで継続して有機質肥料(豚糞, グアノ, 籾殻, ブドウの剪定屑焼却物)を施用し、化学肥料や農薬は使用しなかった20aの水田に設置した。アイガモ区は、この水田に1993年から1996年までアイガモ(カーキーキャンベルとマガモの交雑種)を1994年は49羽、1996年は44羽放飼した。無処理区は、アイガモ区の水田の対角線上の3ヵ所に2m四方に高さ1.2mの金網を張ってアイガモの侵入を防止した。アイガモ区と無処理区の間では、水は自由に移動できた。慣行区は水稲の生育、収量および収量構成要素の比較のために設けたが、この区はアイガモ区・無処理区に隣接した10aの水田で、過去10年以上にわたり化学肥料や農薬を連年使用して水稲栽培を行っていた。

2. 栽培概要

両試験年における一般的な栽培条件はほぼ同一であり、1994年の栽培概要により記述するが、年度によって異なった場合は（ ）内に1996年の条件を並記した。

アイガモ区と無処理区の水田には、1992年以降毎年10a当り豚糞150kg、グワノ（リン酸分30%）120kg、籾殻350kg、ブドウの剪定屑焼却物150kgの有機質肥料を施用し、その後耕起した。代播きは、5月10日と5月25日（5月20日と5月31日）に行った。移植は5月28日（6月5日）に1m²当たり15.2株の栽植密度で行った。無処理区は6月23日（6月19日）に設置した。アイガモは6月24日（6月20日）に2週齢籾を放飼し、出穂期の8月11日（8月23日）に水田から引き上げた。アイガモ区の水田の周囲は、高さ1.5mの網で囲いをし、アイガモが水田から逃げないようにした。アイガモには、一日一回ニワトリ用の配合飼料を2kg与えた。アイガモ区と無処理区では除草剤、殺菌剤、殺虫剤を全く使用しなかった。水管理は各区とも地域の慣行に従って行い、7月25日から28日（7月24日から30日）まで中干しした。収穫は9月22日（9月29日）に行った。

慣行区は、耕起前に基肥として10-20-15（8-20-18）の化成肥料を10a当り20kg（10kg）を施用し、追肥は行わなかった。代播き、田植え、水管理、収穫は、アイガモ区・無処理区と同様に行ったが、栽植密度は異なり、1m²当たり18.2株とした。除草剤は、5月29日にプラチラクロール粒剤（1996年は省略）を、7月1日（7月10日）にベンスルフロンメチル+ベンチオカーブ粒剤を散布した。殺菌剤と殺虫剤は、6月9日（6月11日）にエトフェンプロックス粒剤を、7月20日（7月19日）と8月20日（8月23日）にIBP、MPP、バリタマイシンを散布した。

3. 調査項目および調査方法

(1) 雑草の発生調査

田植えの約2カ月後にアイガモ区と無処理区の雑草の発生状況を調査した。調査日は1994年は7月28日、1996年は7月25日である。アイガモ区の雑草の採取は、ランダムに水田内の3カ所に2m×2mのコドラートを設け、その内部にある雑草すべてを根も含めて採取した。無処理区は、アイガモ区と同様の方法で2m×2mの金網内の雑草を採取した。採取した雑草は個体数を数え、その後80°Cにセットした乾燥機で48時間乾燥後、乾物重を測定した。

(2) 収穫期における水稻の稈の形質調査

両年とも収穫前日に各区の水稻を地際から採取し、稈の形質を調査した。水稻の採取は、いずれも水田の3カ所から、1カ所につき20株を採取した。調査には各株の中から最も太い茎を1本選び、それを株の代表稈として調査の対象とした。調査項目は稈長、第3、4、5節間長、第3節間の短径、地上部モーメント、葉鞘付挫折モーメント、倒

伏指数である。測定方法は、稈長では、穂首節から地際までの長さを測定し、節間長は、穂首節間を第1節間とし、以下下位に向かって第3、4、5節間の長さを測定した。第3節間の短径は、第3節間の中央付近の短径をノギスで測定した。地上部モーメント、葉鞘付挫折モーメントおよび倒伏指数は、第3節間を材料とし支点間距離5cmで測定して、大川・石原（1992）の方法により以下の計算方法で求めた。

地上部モーメント(g・cm)：第3節間挫折部から穂先までの長さ×生体重の積

葉鞘付挫折モーメント(g・cm)：葉鞘付挫折時荷重×支点間距離÷5

倒伏指数：地上部モーメントを葉鞘付挫折モーメントで除した値

(3) 収量構成要素および収量の調査

収量調査を行うため、各区とも水田の対角線上の3カ所からそれぞれ20株を採取し、ガラス室内で自然乾燥させてから調査を行った。各調査項目の算出方法は、以下の通りである。

① 1株穂数=実測数

② 1穂粒数=1株全粒数÷1株穂数

③ 登熟歩合(%)

=比重1.06の塩水に沈んだ粒数÷全粒数
×100

④ 玄米千粒重(g)

=全玄米重(水分15%)÷全粒数×1000

⑤ 玄米収量(g m⁻²)

=①×②×③×④×栽植密度(株 m⁻²)
÷1000

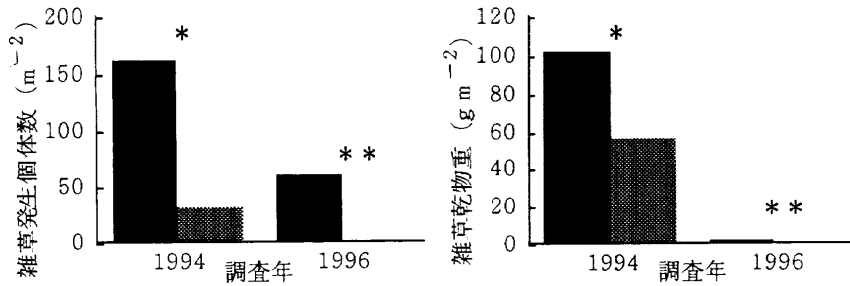
結 果

1. 雑草の発生量

アイガモを水田に放飼してから約1カ月後に行った雑草発生量の調査の結果は、第1図に示した。いずれの調査年とも水田にアイガモを放飼することによって発生する雑草の個体数ならびに単位面積当りの雑草全乾物重は減少した。1994年と1996年を比較すると、1996年の方が無処理区における雑草の発生個体数が少なく、1994年の約1/3であった。また、アイガモ区でも1994年より1996年の方が雑草の発生個体数が少なく、特に1996年には雑草がまったく認められなかった。一方、雑草乾物重も無処理区、アイガモ区ともに1994年より1996年の方が小さかった。アイガモ区は個体発生数に比べて乾物重の減少程度が著しく大きかった。このことは、アイガモ区で1996年に発生した雑草は1994年に比べより小さい個体が残存したことを示唆している。

2. 収穫期における水稻の稈の形質調査

収穫期の水稻の稈の形質におよぼす影響については、第1表に示した。稈長は、両年とも栽培方法の違いによる変



第1図 アイガモの放飼が水田における雑草の発生におよぼす影響。
 *,**は、それぞれ処理区間に5%, 1%レベル (t検定) で有意差があることを示す。
 ■ 無処理区, ▨ アイガモ。

第1表 栽培方法の違いが収穫期における水稻の形質におよぼす影響。

調査年	試験区	稈長 (cm)	節間長 (cm)			第3節間短径 (mm)	モーメント (g・cm)		倒伏指数
			3*	4	5		地上部	葉鞘付挫折	
1994	無処理	85.6a	16.4a	9.1b	3.1b	4.0a	668.1b	774.4a	0.87a
	アイガモ	87.9a	16.3a	9.1b	2.9b	4.5a	795.8a	886.4a	0.90a
	慣行	91.9a	17.1a	11.8a	6.2a	3.7a	550.9b	581.8b	0.95a
1996	無処理	82.3a	16.3a	6.9b	4.7a	3.4a	699.7a	788.6a	0.94b
	アイガモ	81.8a	15.9a	7.2b	3.0a	3.3a	670.9a	507.3a	1.33b
	慣行	80.0a	14.8b	8.8a	2.4a	2.8b	642.1a	232.3b	2.85a

同一アルファベット間には、Newman-Keuls法(5%レベル)で有意差がないことを示す。
 *節間は、穂首節間を1とした。

第2表 栽培方法の違いが水稻の収量構成要素と収量におよぼす影響。

調査年	試験区	一株穂数	一穂粒数	登熟歩合 (%)	玄米千粒重 (g)	玄米収量 (g m ⁻²)
1994	無処理	13.0c	91.2a	70.2a	23.6a	307b
	アイガモ	18.4b	94.8a	79.8a	23.6a	496a
	慣行	23.0a	68.5b	81.5a	22.2b	515a
1996	無処理	17.0a	111.3a	80.6a	21.2a	497a
	アイガモ	18.0a	98.3b	78.5a	20.8a	445a
	慣行	19.3a	84.7c	78.6a	21.3a	491a

同一アルファベット間には、Newman-Keuls法(5%レベル)で有意差がないことを示す。

化はなかった。しかし、第4節間や第5節間などの下位節間は、慣行区に比べ無処理区やアイガモ区で短くなった。また、第3節間の短径は、1996年の調査では慣行区は無処理区やアイガモ区に比べ明らかに小さくなり、1994年の調査でも処理区間に有意差は認められなかったものの、慣行区の短径は無処理区やアイガモ区より小さかった。

アイガモ区の地上部モーメントは、慣行区に比べ大きかった。しかし、無処理区やアイガモ区の葉鞘付挫折モーメントは、両年とも慣行区に比べ著しく大きかった。その結果、倒伏指数は、慣行区で無処理区やアイガモ区に比べ大きくなり、1996年の結果では無処理区やアイガモ区と慣行区の間には5%レベルで有意差が認められた。

3. 水稻の収量構成要素および収量の調査

水稻の収量構成要素ならびに収量については、第2表に示した。1994年の調査では、各区の1株穂数に5%レベルで有意差が認められ、穂数は慣行区、アイガモ区、無処理区の順で多かったが、1996年の調査では、各処理区間に

差が認められなかった。1穂粒数は、いずれの年も処理区間に有意差が認められ、無処理区とアイガモ区で多く、慣行区で少なかった。登熟歩合は、いずれの年も処理区間に有意差は認められなかった。玄米千粒重も1994年の慣行区は他の区に比べやや小さくなったほかは、処理区間に有意差は認められなかった。単位面積当りの収量は、1994年の調査ではアイガモ区と慣行区の間には差はなく、同程度の玄米収量であったが、無処理区はこれらに比べ玄米収量が若干減少した。しかし、1996年の調査では各区の玄米収量に差は認められなかった。

考 察

1994年、1996年ともアイガモの放飼による除草効果は著しく大きく、特にアイガモを4年にわたり放飼した1996年には、雑草の発生はほとんど認められなかった(第1図)。このことは連年放飼によるアイガモの除草効果が極めて高いことを示すものである。萬田ら(1993a)

は、アイガモによる雑草防除は、アイガモの雑草の摂食とアイガモの行動により水田の水が常に濁り、雑草が生えにくくなるためと推察している。アイガモの摂食行動は、一日の約 1/3 を占め (萬田ら 1993b), アヒルを水田に放飼するとエサとして与える飼料の量が舎飼のものに比べ 40% も少なくすむことも明らかにされている (廣谷ら 1949, 1953, 立崎 1951)。これらのことから水田に放飼されたアイガモは、必要なエネルギーの多くを雑草や昆虫を摂食することによってまかなっていると思われ、換言すればこれはアイガモによる雑草の摂食による除草効果の大きさを示すものである。また、浅野ら (1996) は濁水条件下で雑草が発生しないのは、水中照度や溶存酸素量の低下、水掻きによる土壌表層の攪拌による土壌の移動等複合的な要因によるものであるとしている。今回の試験においても、アイガモは頻繁に雑草を摂食するとともに水田内をくまなく行動し、田面水は常に濁っていた。これらのことからアイガモ区において除草効果が大きく、その後の雑草の発生が著しく抑制されたのはアイガモの雑草摂食と濁り水の効果および攪拌による土壌の移動によるものと考えられる。

アイガモの雑草摂食量は、エサとして与える飼料の量によって著しく変わってくることが明らかにされており (廣谷ら 1949, 1953), また水田に放飼するアイガモの種類や数によっても違いがあると予想される。このようなことから、今後はアイガモを水田に放飼した時に最も大きな効果を得るためのエサの量やアイガモの種類、単位面積当たりの羽数などの条件について検討する必要があると思われる。

無処理区では、アイガモ区に比べ雑草の発生が著しく多く、1994 年の調査ではアイガモ区に比べ、明らかな収量の低下が認められた。しかし、1996 年の無処理区は雑草の発生が少なく、玄米収量はアイガモ区や慣行区と差がなかった (第 2 表)。浅野・清水 (1997) は、アイガモを放飼した水田土壌の雑草発生個体数について調査した結果、アイガモの放飼を続けると土壌中の雑草種子数や発生する個体数が減少することを明らかにしている。したがって 1996 年の調査で雑草の発生量が著しく少なかったのは、アイガモの放飼を 4 年続けたことによって、アイガモ区や無処理区の土壌中の雑草種子数が減少し、雑草の発生個体数が水稻の生育に影響をおよぼすまでには至らなくなったためと考えられる。このことは、アイガモを水稻栽培に導入した場合、導入初年度は雑草発生個体数が多いため、アイガモによる除草効果が大きく、その結果水稻の生育に与える影響は大きい、その後は水田に発生する雑草が減少するためアイガモ放飼による除草効果が小さく評価されるようになることを示唆するものと思われる。しかし、水田は灌漑水や風等によって常に雑草の種子が侵入してくると思われることから、アイガモの放飼を止めると再び雑草の発生が増加することが予測される。

水稻の稈は、栽培法が異なるとその特性が変化すること

が明らかにされている (瀬古ら 1957, 1958, 瀬古 1962, Basak ら 1962, 川原・中里見 1966, 森田・金 1981)。本試験では無処理区・アイガモ区と慣行区間では、異なった施肥条件で栽培したことから、稈の形質に違いが現われることが予想されるが、処理区間で稈の形質を比較したところ、無処理区とアイガモ区間ではいずれの調査項目も差はなかった (第 1 表)。このことは、水田へのアイガモの放飼の有無は、水稻の稈の形質にはほとんど影響をおよぼさないことを示唆するものである。しかし、慣行区に比べると無処理区とアイガモ区の稈は第 4, 第 5 節間が短く、第 3 節間の短径が大きく、葉鞘付挫折モーメントや倒伏指数が小さくなった (第 1 表)。

瀬古 (1962) は、稈長や節間長と水稻の耐倒伏性の関係について調べ、稈長は耐倒伏性とあまり関係ないが、下位節間の伸長は耐倒伏性の低下を招くことを明らかにしている。さらに、瀬古ら (1958) は、稈の挫折重は稈の短径との関係が最も深く、短径が小さい稈ほど挫折倒伏しやすいことを指摘している。これらのことから無処理区やアイガモ区の水稲は、慣行区より耐倒伏性が大きく倒伏しにくい特性を持っていることになる。また、瀬古ら (1957) は、施肥条件の違いが水稻の耐倒伏性におよぼす影響について調査し、化学肥料の使用は堆肥に比べ稈のリグニン化や厚膜組織の発達が悪く、空腔が大きく、しかも下位節間の伸長が著しくなるため倒伏しやすくなることを明らかにしている。今回の試験ではアイガモ区と無処理区は、化学肥料はまったく使用せず有機質肥料のみを使用し、慣行区は、化学肥料のみを使用した。さらに慣行区は、アイガモ区や無処理区より密植で下層への光の通過がやや劣ったものと思われる。これらのことから慣行区において倒伏しやすい形質が認められたのは、主に施肥条件と栽植密度の違いによるものと推測した。結果としてアイガモ農法では通常化学肥料をさけて有機質肥料を用いるので、付随的に耐倒伏性の強化をもたらすようになったと思われる。

謝辞: 本研究の一部は、平成 9 年度日本大学生物資源科学部総合研究助成金によって行われたものである。ここに感謝の意を表わす。

引用文献

- 浅野紘臣・清水宏英・田中靖紀・奥村彰啓 1996. アイガモ農法における濁水効果の検証. 雑草研究 41(別 1): 174-175.
- 浅野紘臣・清水宏英 1997. 水田の栽培歴の違いによる雑草の遷移. 雑草研究 42(別 1): 208-209.
- Basak, M.N., S.K. Sen and P.K. Bhattacharjee 1962. Effects of nitrogen fertilization and lodging on rice yield. Agron. J. 54: 477-480.
- 古野隆雄 1992. アイガモばんざい—アイガモ水稻同時作の実際—. 農文協, 東京. 9-132.
- 水高信雄 1968. 水稻の倒伏と被害の発生機構に関する実験的研究. 農技研報 A15: 1-175.
- 廣谷陽一・野村新一郎・神尾克二 1949. アヒルの水田放飼試験. 畜産

- の研究 3:131—136.
- 廣谷陽一・野村新一郎・神尾克二 1953. あひるの水田放飼試験. 畜産の研究 7:381—382.
- 川原治之助・中里見清 1966. 稲の形態形成に関する研究 第1報 霞ヶ浦・利根川流域における栽培条件を異にした水稲稈組織の比較. 日作紀 34:329—336.
- 萬田正治 1992. アイガモ農法. 食の科学 6月号:2—9.
- 萬田正治・内田秀臣・中釜明紀・松元里志・下敷領耕一・渡邊昭三 1993a. 合鴨の水田放飼による雑草および防虫効果. 日本家禽会誌 30:365—370.
- 萬田正治・内田秀臣・中釜明紀・渡邊昭三 1993b. 水田に放飼した合鴨の成長と行動. 日本家禽会誌 30:383—387.
- 萬田正治・内田秀臣・中釜明紀・松元里志・下敷領耕一・渡邊昭三 1993c. 稲の生育および収量に及ぼす合鴨の水田放飼の影響. 日本家禽会誌 30:443—447.
- 森田林逸・金忠男 1981. 稲・麦わらすき込み連用田の収量推移と問題点. 日作紀 50(別2):29—30.
- 大川泰一郎・石原邦 1992. 水稲の耐倒伏性に関する稈の物理的性質の品種間差異. 日作紀 61:419—425.
- 瀬古秀生・佐本啓智・鈴木嘉一郎 1957. 水稲の倒伏に及ぼす二, 三栽培条件の影響 (I). 日作紀 26:90—92.
- 瀬古秀生・佐本啓智・鈴木嘉一郎 1958. 水稲の倒伏に及ぼす二, 三栽培条件の影響 (II). 日作紀 27:173—176.
- 瀬古秀生 1962. 水稲の倒伏に関する研究. 九州農業試験場彙報 7:419—499.
- 立崎善吉 1951. 鶯の水田放飼に関する試験 [第1報]. 畜産の研究 7:301—302.

Effects of Cultivation Methods on the Emergence of Weeds and the Growth and Yield of Paddy Rice, with Special Reference to using Aigamo Ducks: Katsunori ISOBE^{*1)}, Hiroomi ASANO²⁾ and Yoshio TSUBOKI¹⁾ (¹⁾*Coll. of Bioresource Sciences, Nihon Univ., Fujisawa 252-0813, Japan*; ²⁾*Junior Coll., Nihon Univ.*)

Abstract: The purpose of this experiment is to clarify the effect of Aigamo ducks on the prevention of weeds, and the grain yield and culm of paddy rice (*Oryza sativa* L.). The plots prepared in this experiment were an untreated plot, an Aigamo plot and a habitual culture plot. The emergence of weeds was decreased by Aigamo duck herding. There was no difference in the grain yields of the Aigamo and habitual culture plots. The reason why the emergence of weeds was decreased in the Aigamo plot is that the Aigamo ducks ate the weeds and the water of the paddy field became clouded. If the Aigamo ducks were herded for a long term, the number of weeds would decrease. The culm of the paddy rice was not affected even though the Aigamo ducks were herded in the field. However, compared with the habitual culture plot, the lengths of the 4th and 5th internodes (The 1st internode was the top internode) became shorter, the short diameter of the 3rd internode became thicker and breaking resistance became larger, and the lodging index became smaller in the Aigamo plot. As a result, the lodging resistance of the paddy rice in the untreated and Aigamo plots increased as compared with the habitual culture plot.

Key words: Aigamo ducks, Culm, Cultivation method, Paddy rice, Weed control.