

宮崎大学

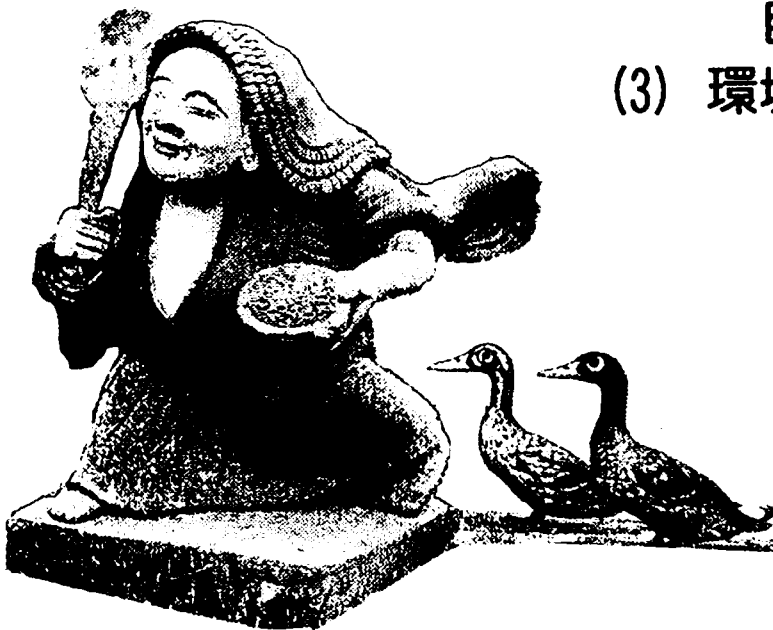
農業博物館ニュース

増刊号

環境と調和した農業

(平成8年度特別展示資料集)

- (1) 農村環境を考える
- (2) 合鴨水稲同時作：
自然回帰の現代農法
- (3) 環境保全と
「クヌギ林内放牧」



May. 27 / 1996

AGRICULTURAL MUSEUM MIYAZAKI UNIV.

農村環境を考える

秋吉 康弘 (生産環境造成学講座)

1. はじめに

近年、わが国は経済立国の中で、土地利用の高度化が進み、狭い国土を再整備し、住宅団地や工業団地の整備が盛んに行われています。そのために、このしわ寄せが農村を直撃しており、同時に、農村の過疎化、高齢化によって、農業自体が危機に瀕しております。

また、現在の農村を見ても分かりますように米の生産調整等によって、休耕田が目立ち、そして、ハウスが乱立しています。このような現象は現代の国民が美食を好み、また、いつでも食べたいと欲するものを食べられるように、ハウスの中で地球の有限のエネルギーである化石燃料を燃やし、環境をコントロールして、われわれが欲する野菜や果物を四季を問わず食卓に供給するためのものです。果たしてこのことが、現代の人類のためになるか疑問です。現代の人間は、自由を好み、物的な欲求を満たすことで、満足感を得ようとしています。しかし、これでよ

いのでありましようか？ 人間は、寒ければ暖房を、暑ければ冷房を使用し、電気の消費量もますます増大している状況であります。わがままな、ひ弱な人間を造っているように感じます。科学技術の進歩は、種々の面で私どもに恩恵を与えております。しかし、このような進歩の段階が、非常に早過ぎるように感じます。もう少し、一步一步階段を上るように進んでいくなれば公害等は生じてこないと考えます。

人間は、ある程度の物的な欲求を満たさなければなりません。真には精神的な満足、すなわち、心の豊かさを得ることによって、人生の満足感が得られると信じます。

われわれの現状は、ほこりと騒音にまみれ、雑踏にもまれ、あくせく追われる仕事に、日々の不安を感じております。これらは、健全な精神生活をさまたげ、圧迫感となり、まさに現実にはストレス症候群を呈しております。では、精神的な満足感とは何でしょうか？

皆さんは、なすびやスイカ、キュウリ、白菜、トマトなどいろいろな野菜類の匂を知っていますか？また、季節季節の匂の果物を知っていますか？匂のものは非常に美味しく、栄養価も高く、安くもあるのです。また、チュウリップやユリの花はいつの季節に咲くのでしょうか？温室に咲く花は、花瓶に挿しても持ちが悪いし、色彩も露地の季節に咲くものと比べて異なっております。真夏の花が、真冬の店先で凍えております。

農村を歩いてもメダカやおたまじゃくし、ほたる、赤トンボにおにやんま、塩からトンボに麦わらトンボ、かぶと虫や、くわがたなどを身近に見たことがありますでしょうか？

最近、このような自然にあるべき姿を見るのが少なくなりました。このような自然からの贈り物である自然の生命力や美しさ、可愛さ、美味しさなどの恩恵を、人間がわがままに自分勝手に”自然を””環境を”，人間の好むように変えてしまっております。

また、河川や水路にしても日本の地形条件や気象条件に合わせて、ブロック積みや三方張りのコンクリートで固め、ただ洪水時に水を早く海に流すために、人間を洪水から守るために機能性のみを重視した施工を行ってきました。殺風景とは感じませんか？

フランスなどの河川では、川の畔で、子ども達が遊び、老人が日向ぼっこをし、若者がスケッチをしたりして、川の流れを見ながら、楽しみながら、人生を、自然を満喫し、心の満足感を楽しんでおります。

一方、日本ではどのような状況であるかと申しますと、例えば、私が住んでいた北九州の小倉の紫川は、最近少しはきれいになりましたが、一昔前まで、川の中に支柱を建て、河川の上に家を建て、川の流れを背にして通りがありました。国土面積が狭いことも原因していますが、川の中に残飯や汚物を捨てると言った状況でありました。そのために、川底からはメタンガスがブクブクと湧いておりました。

そこで、農林水産省は、平成3年度から『農業基盤整備事業』を『農業農村環境整備事業』と名称を改め、親水機能、景観保全、農村生活の快適性に配慮した「水環境整備事業」や「集落環境基盤整備事業」をはじめとする各種の事業を創設して、農村地域の環境整備を推進するための施策が講じられております。農村の環境を改善し、ホタルやメダカ、ヤゴ、オタマジャクシなどが生息するような水質のきれいな小川や河川、かんがい川水路にするために側壁は石積みとしたり、川の畔に植樹したりして、農村環境や都市環境を改善しようとしております。

このような整備の手始めとして、まず、農村の生活環境の改善をはじめ、農作業をし易いような環境をつくり、都会のように働きやすいようにビルの谷間に憩いの場や公衆トイレがあるように、農村にも自然を加味した農村公園や親水公園をトイレも完備してつくり、農村道路沿線のポケットパークなどの整備も行っております。展示会場では、宮崎県内の施工済みの農村景観の写真を数例掲げておりますが、用水路一つにしましても従来のような三方張りのものでなく、石積みで景観を重視した工法が見られます。また、当研究室におきましても、昭和の初期に、1/3～1/20勾配という非常に急峻の山肌に食料生産のために苦勞して築いた高千穂・日之影・五ヶ瀬・日南に存在する棚田の文化を守るために整備工法や景観保持の方法についてわが国で初めての研究を開始しました。

また、以上のような農村環境整備の中で、当研究室では、河川水の水質面や水環境についても研究を行っております。

2. 大淀川の水質

数年前までは大淀川の水は九州管内でワースト2と言われるほどの水質が汚染した河川でありました。しかし、最近は大淀川浄化運動が盛んに叫ばれるようにな

って、大淀川の水もきれいになったようです。そこで、私どもは、どの程度きれいになったか、降雨時と晴天時に水質がどのように変動するかを調べるために水質調査を行ってみました。

調査地点は、大淀川流域の都城市の萩原川の下流と沖水川の下流、都城市街地下流の高来原揚水機場前、高城町有水地点、高岡町飯田川水門地点、宮崎市の相生橋上流、宮崎市役所前の7地点と、清武町流域の田野町上ノ原地点、田野町灰ヶ野地点、清武町大久保地点、清武町コココー裏、清武町頭首工地点、清武川河口地点の6地点、計13地点において採水して水質調査を行いました。

調査地点の位置図を図-1に示します。

採水状況は、2週間毎に1回、また、降雨時毎の降雨のおさまった直後と、その2日後、6日後に採水して水質の調査を行いました。

3. 水質測定項目と環境基準

水質測定項目は、現地において(1)気温(AT)、(2)水温(WT)、(3)流速(V)、(4)水深(H)、(5)水素イオン濃度(pH)、(6)溶存酸素量(DO)を測定しました。室内においては、(7)アンモニア態窒素(NH₄-N)、(8)亜硝酸態窒素(NO₂-N)、(9)硝酸

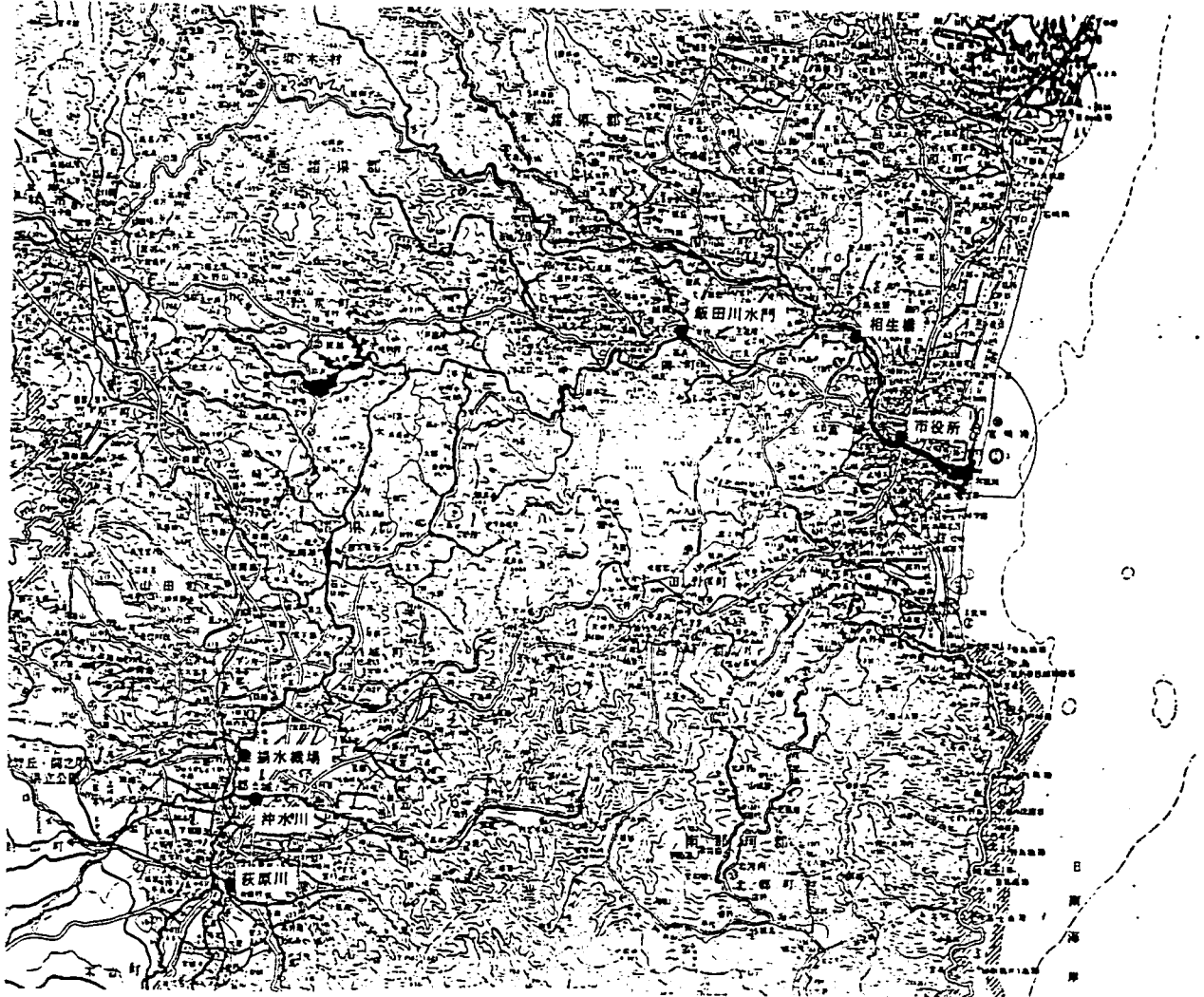


図 - 1 調査地点の位置図

態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) , (10) 無機態全窒素 (TIN) , (11) 全窒素 (T-N) , (12) 有機態りん (Org-P) , (13) 全りん (T-P) , (14) 浮遊物質 (SS) , (15) 有機態窒素 (Org-N) , (16) 無機態りん ($\text{PO}_4\text{-P}$) , (17) 化

学的酸素要求量 (COD) , (18) 塩分濃度 (EC) について計18項目について測定しました.

つぎに、参考のために主な水質項目の説明と環境の基準について述べておきます.

(1) 水素イオン濃度 (pH)

pH値とは、酸性・中性・アルカリ性の液性を数値を持って示したものです。水中の水素イオン濃度の逆数の常用対数で表します。

天然水の多くは、pH7あるいはこれに近い値を示しほぼ中性であります。これに汚濁物質が混入しますとpH値が異常になりがちです。多くの水性生物はpH7付近で正常な発育をするため、環境基準その他の水質基準にpHがあげられております。

酸性……液中に水素イオンが多いということ。酸とは水に溶かすとどんなものでも水素イオンを出します。

アルカリ性……液中に水酸イオンが多いということ。アルカリとは水にとけると水酸イオンを出します。

中性……水素イオンと水酸イオンのそれぞれの力が全く同じ状態を言います。

(2) 浮遊物質 (SS)

浮遊物質は水の外見上の“きれいさ”を決める最大の因子で、その量を知るとは重要です。

天然水の浮遊物質として河川では主として粘土などの無機物が多いのですが、湖沼、海洋ではプランクトンやその死骸がかなりの量を占めることがあります。工場排水や家庭排水の流入するところでは、いろいろな廃物が含まれております。

浮遊物質による被害としては、水産物への付着、藻類の同化作用の阻害、沈降した浮遊物質による発酵性有機物の悪臭などがあります。また、農産物に対しても稲の活着根の損害、有機性浮遊物質の還元分解による根の損傷などの被害を与えます。

(3) 溶存酸素量 (DO)

溶存酸素量とは、水中に溶けている酸素の量を言います。酸素の溶ける量は、気圧や水温、塩分に影響され、水温が高いほど水中に溶け込む酸素の量は少なくなります。また汚濁された水中では、有機物の分解などに消費される酸素量が多いのでDOは低く、水がきれいであるほどその温度の飽和量に近く含有されております。

溶存酸素は水の自浄作用に、また水性生物などにとっても不可欠なものであります。魚類が生息するのに必要な溶存酸素量は、種類により異なりますがマス・アユなどは8mg/l以上、比較的生命力の強いコイ・フナでも少なくとも5mg/l以上は必要とされております。

(4) 化学的酸素要求量(COD)

化学的酸素要求量とは、酸化剤により水中の汚濁物を酸化する際に要した酸素の量であります。これは酸素を消費し易い物質の量を示し、大雑把に言って水中の有機物の量を推定するものだと言えます。生物化学酸素要求量(BOD)が河川の水質基準に用いられるのに対し湖沼と海洋の水質基準に用いられております。

(5) 全窒素(T-N)、全りん(T-P)

窒素・りんは、カリウムと並んで植物の三大栄養素であり、農業生産にとって書かすことの出来ない物質であります。この栄養源となる物質をどのような肥料設計の基に施肥するかによって収穫に大きな影響を与えます。しかし、いかに不可欠な物質と言っても、近年農業用水の汚濁化による窒素過多で稲の倒伏の被害がしばしば起きている現状です。

また、窒素・りんは藻類の必須元素でもあり、合成洗剤の普及や生活排水量の増加でこれら栄養塩類の流入量が増加し、富栄養化現象が問題となっております。(現在無りん洗剤となりりんの流入量は大幅に減少してますが)湖沼などの富栄養化が進むと植物プランクトンが異常増殖し、魚が死んで腐敗するなど水質を極端に悪化させる原因になっております。上水道の取水源となっているところは、

ろ過装置の目詰まりや悪臭などで大きな問題となります。また、水性生物の種類組成が大幅に変化します。

(6) アンモニア態窒素(NH₄⁺)

アンモニアは、動物性及び植物性タンパク質の生物学的腐敗の生成物であります。アンモニアは、植物によってタンパク質の生成に直接的に使用され、またアンモニア及びアンモニア化合物は、肥料として直接的に応用されております。

地上水におけるアンモニア性窒素の存在は、一般的に家庭水汚染を示す。地下水中のアンモニアは正常で、生物学的分解によるものです。

(7) 亜硝酸態窒素(NO₂⁻)

亜硝酸態窒素は、アンモニアがバクテリアによって硝酸に変化(硝化)する中間段階に発生します。

亜硝酸塩は、工業プロセス水や冷却水の腐食抑制剤として使用され、食品産業では亜硝酸化合物を防腐剤として使用しています。亜硝酸塩は、簡単に硝酸塩に酸化するため、地上水において発見されることはあまりありません。

(8) 硝酸態窒素(NO₃⁻)

硝酸塩は、一般に水中において発見される最も完全に酸化した状態の窒素であり

ます。好気条件下において水中の有機態窒素やアンモニアはバクテリアの働きで硝酸塩に分解・酸化されます。一方多くの化学肥料は、硝酸塩の形態で窒素を含んでおります。

水中における高いレベルの硝酸塩は、有機態窒素、アンモニアのバクテリアによる分解や、大量に散布された肥料の流出を示しております。硝酸塩を多量に含む水は、藻の過剰な成長を促進し水質を低下させます。

(9) リン酸塩 (PO_4^{3-})

りんは、ほとんどりん酸塩として天然水や排水に存在しております。りん酸塩は、農業流出物や生物学的廃棄物や工業廃棄物から水に混入しています。また、りん酸塩は腐食の制御のために都市用水や工業用水の処理プロセスにおいて水に添加されることがあります。ある程度の量のりん酸塩は植物や動物にとって必要不可欠ですが、水中の過剰なりん酸塩は、特に多量の窒素が存在する場合に栄養汚染の原因になっております。

(10) 電気伝導率 (EC)

電気の伝わり易さを示す尺度のことです。抵抗の逆数であり、導電率とも言います。水の電気抵抗は、溶存イオン量が増大すると低下します。(電気の伝わり易さの

増大) 電気伝導率の測定は、水中の溶解物質の多い少ないのおおよそを、短時間に把握するために重要な意義があります。

電気伝導率の値は小さいほど溶けているものが少なくきれいな水で、値が大きいほど溶けているものが多く不純物が多いことを示します。ただし、海水の場合は、塩化ナトリウムが多いためその数値は大きくなります。

4. 調査結果及び考察

今回の調査結果については、本調査の測定の一例として、最も汚濁の状況が激しかった窒素の結果について述べます。

1) 全窒素濃度

本調査での全窒素濃度は図一 2 に見られるような傾向であります。平均値で申しますと、萩原川では約 3.6 ppm, 沖水川で約 3.0 ppm, 高来原揚水機場で約 4.6 ppm, 飯田川水門で約 4.0 ppm, 相生橋で約 3.5 ppm, 宮崎市役所前で約 3.5 ppm でありました。

環境基準では、『1 ppm以下が水産 3 級 (コイ, フナ), 工業用水, 農業用水, 環境保全に適応』となっており、図一 2 に示した本調査の結果では、いずれの用途にも好ましくないと考えられます。

また、農業用水の基準値としては 1 ppm

以下が望ましく、許容限度は5～10 ppm となっており、許容限度内とは言え、農業用水としてもあまり好ましいとは言えません。

2) 河川縦断変化

河川水の流下時における窒素水質結果は、大淀川上流の支川である沖水川の濃度が最も低く（この原因としては、測定地点の上流に堰があり、堰を越流する際のぼつき作用によって、ある程度の浄化が生じていると思われる）、萩原川がこれに次いでいます。また、都城市街地下流の高来原揚水機場で最も濃度が高くなり、そこからは下流に向かうにしたがって、窒素濃度の低い（窒素量に対して水

量の大きい）支川が合流するために、希釈されている傾向にあると考えます。このようにぼつきによる浄化作用は効果があります。

ダム湖や池などでは、噴水などで湖内に空気を送り込み、ぼつきしながら下層の水を上層へ押し上げて水の循環を行いながら水質の浄化を図っているのです。

3) 河川水質に対する降雨の影響

つぎに、河川水質に対する降雨の影響について考察を行ってみます。ここでは全窒素を、無機態全窒素（図-3に示す）と、有機態窒素（図-4に示す）に分けて、降雨時の濃度変化を見てみます。

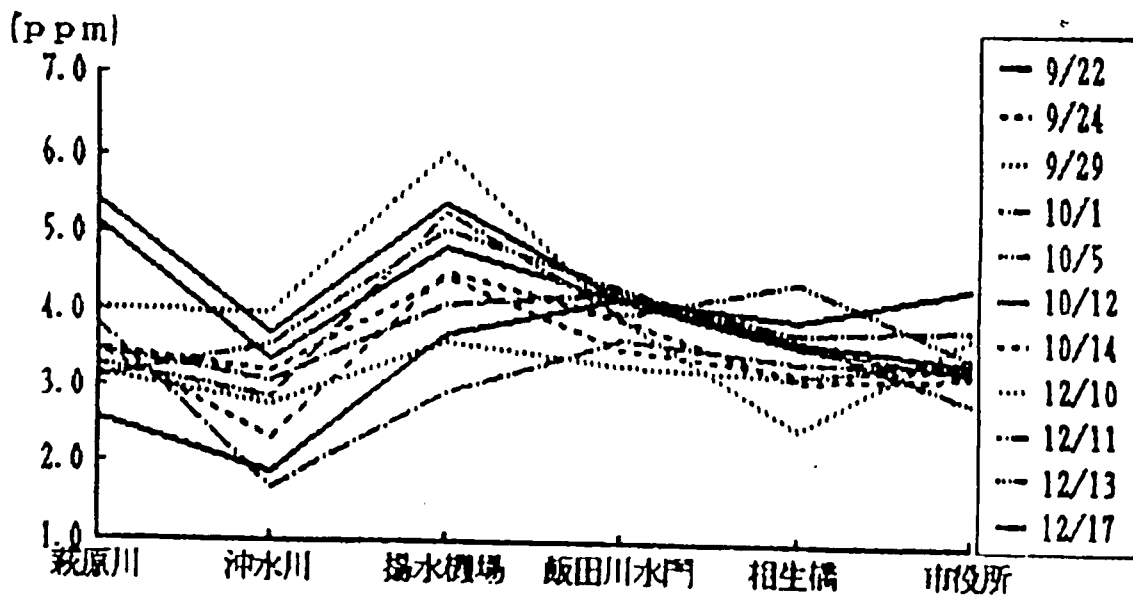
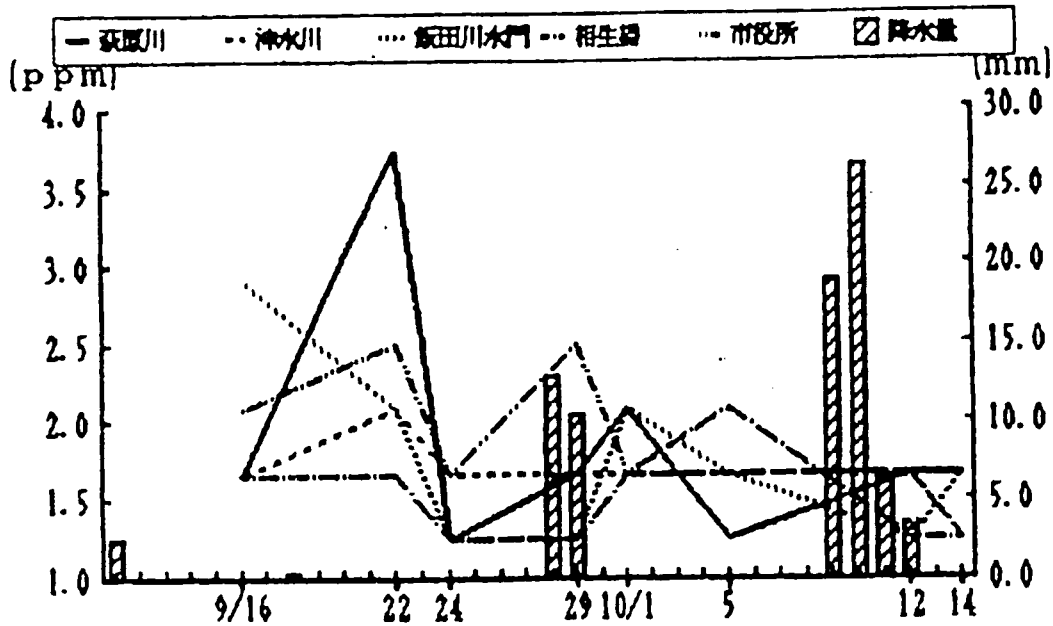


図-2 全窒素濃度の縦断変化（9月～10月）

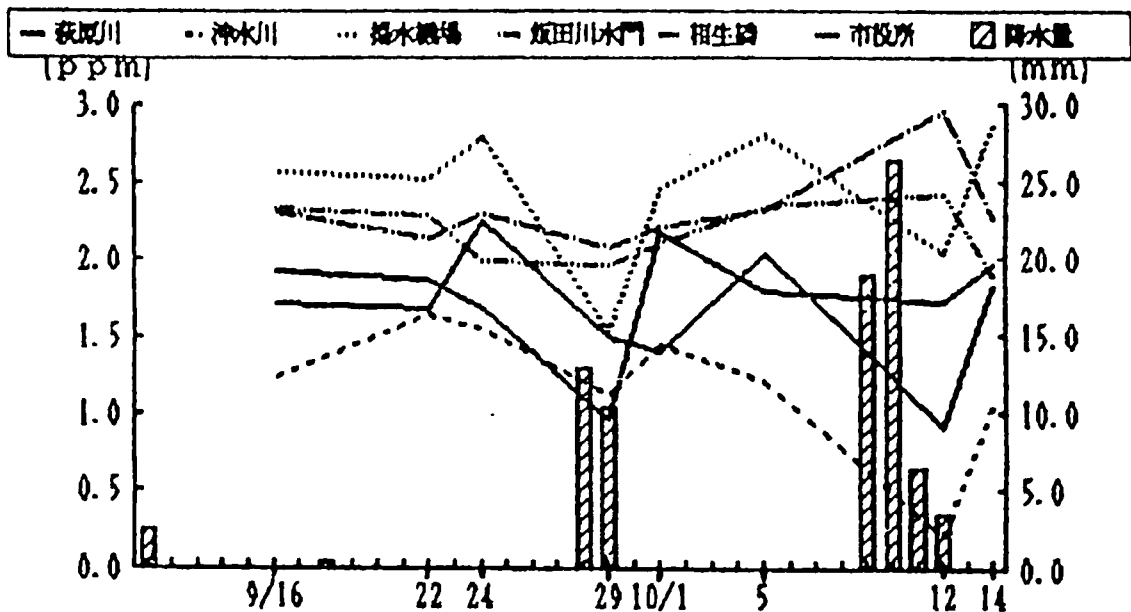


図一三 降雨量と無機態全窒素濃度（9月～10月）

無機態全窒素は降雨の影響のない時には、図一三の9月16日、22日、24日の状況に見られるように、それぞれの地点ではほぼ同じ濃度を保っております。

降雨時では、9月29日、10月12日の結果に見られるように、降雨がおさまった直後に濃度が低下しております。そして、2日後には、10月1日、14日に見られるように、降雨前の値近くまで上昇しています。これは、降雨直後の増水による希釈の影響と、その後、雨水とともに流域内の汚濁水が、表面流や地下水として河川内に流れ込んでくる現象を示していると考えられます。

ここで、無機態全窒素とは、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素の測定値の合計であります。そして、測定の内訳は、アンモニア態窒素が約7%、亜硝酸態窒素が約2%、硝酸態窒素が約92%程度であります。このうち硝酸態窒素は、降雨時の増水による希釈の影響を大きく受けるので、無機態全窒素も希釈の影響が大きくなります。しかし、アンモニア態窒素では、降雨直後に流量が大きい中でも、濃度が上昇することがあり、降雨時に干天時より大量のアンモニア系物質の流入があったと考えられます。



図一4 降雨量と有機態窒素濃度（9月～10月）

また、このように水溶性の汚濁物に対する降雨の影響は、主に流入と希釈であると考えられます。

つぎに、図一4において、有機態窒素の考察を行ってみますと、有機態窒素の濃度変化は、流入と希釈だけを考えてのでは説明がつかかねます。有機態窒素のように非水溶性の汚濁物では、河床からの巻き上げや沈降、下流への流去なども大きく影響すると考えられ、そのため測定地点の特性によって大きく変化するものと考えられます。

今回の調査結果から、大淀川の水質は、pH、溶存酸素量、浮遊物質濃度については良好のようであり、しかし、大淀川で

の汚濁で最も問題があるのは、窒素であろうと思われます。りん濃度も非常に高い値を示しております。このような汚水の流入が、今後も続けば、大淀川で水泳や水遊びを行うには、若干問題があるようです。また、農薬・肥料の溶脱などによる河川水、地下水の汚染もあるだろうと考えられますが、美しく快適な農村を創るためには、今後農村での物質循環の調査研究を進めていく必要があります。

このような河川水の水質汚濁の原因を考えてみますと、第1番は一般家庭から出てくる生活雑排水（トイレ、台所、風呂、畜産のし尿などの排出されます汚水のこと）です。つぎに、畜産排水などが続

表一 1 農業集落排水事業整備率一覧表

都道府県	要整備人口	平成6年度末 完了計画人口	平成6年度末 整備率(%)
北海道	960,000	230,000	24.0
青森県	434,100	30,380	7.0
岩手県	326,000	21,253	6.5
宮城県	344,839	23,660	6.9
秋田県	304,200	33,420	11.0
山形県	277,000	37,241	13.4
福島県	564,000	67,000	11.9
茨城県	385,772	27,180	7.0
栃木県	336,000	15,450	4.6
群馬県	303,472	30,200	10.0
埼玉県	532,400	22,146	4.2
千葉県	633,501	4,520	0.7
神奈川県	30,900	0	0.0
山梨県	64,426	8,650	13.4
長野県	289,70	67,762	23.4
静岡県	400,000	54,900	13.7
東京都	2地区	0	0.0
新潟県	400,000	54,900	13.7
富山県	177,000	40,200	22.7
石川県	147,000	42,600	29.0
福井県	120,067	15,728	13.1
岐阜県	212,000	25,361	12.0
愛知県	515,000	51,870	10.1
三重県	222,439	17,720	8.0
滋賀県	248,000	57,068	23.0
京都府	115,100	15,800	13.7
大阪府	14,550	0	0.0
兵庫県	224,400	44,100	19.7
奈良県	34,782	2,770	8.0
和歌山県	166,606	2,600	1.6
鳥取県	153,182	20,372	13.3
島根県	201,300	19,700	9.8
岡山県	272,604	6,703	2.5
広島県	236,760	3,157	1.3
山口県	300,000	10,640	3.5
徳島県	402,403	3,235	0.8
香川県	194,800	4,073	2.1
愛媛県	222,714	4,920	2.2
高知県	232,000	1,000	0.4
福岡県	261,300	6,885	2.6
佐賀県	173,798	2,840	1.6
長崎県	240,000	1,050	0.4
熊本県	490,000	10,490	2.1
大分県	123,000	4,810	3.9
宮崎県	245,030	13,270	5.4
鹿児島県	479,064	12,180	2.5
沖縄県	152,650	3,300	2.2
全国計	12,947,858	1,128,565	8.7

きます。工場などでは排水基準に基づいて処理後排水されますので、あまり汚濁度は高くありません。私どもが、この程度ならと思って排水する汚水が河川では集まって上記のような汚染を引き起こしているのです。

そのために、私どもは、生活に使用して汚濁化した生活雑排水を出来るだけきれいにし、河川に排水し、河川下流ではこの河川水を再び、安全な生活用水として、あるいは農業用水として利用するために、いま、農業用水と公共水域の水質保全および農村の生活環境の改善を図る農業集落排水事業が行われております。

この農業集落排水事業には、農業集落内および周辺の雨水を安全に地区外に排除する雨水排水と、し尿や生活雑排水などの汚水を集めて浄化する汚水排水とがあります。

現在宮崎県内では、表一1のように5.4%程度の進捗状況です。たとえば、滋賀県のような閉鎖されている琵琶湖の水を生活用水や、農業用水として利活用しているところでは、この農業集落排水事業が非常に重要なものとなり23.0%と言う高い整備率がなされているのです。

ここで、図一5をもとに農業集落排水事業の構造を少し説明しましょう。

展示会場には、模型も用意しました。

図に示しますように各家庭から排出されるの生活雑排水を農道の下に埋設した排水管に公共ますで接合し、これを処理場まで導水して都市の下水道と同様に排水基準に適合した水質に浄化して、処理水を池や河川に排出しているのです。このような処理水には、水利権はありませんので、かんがい用水として、また、撒水用や水洗トイレの洗浄水などの中水道としての利用も可能になるのです。従来から、農業には水は不可欠なものでありますが、今からの農業は、施設園芸などのハウス栽培や水耕栽培に、水はあればるほど農業生産を上げることが出来る非常に大切な資源となるのです。また、汚水から処理水の他に生産されます汚泥等は、堆肥として再び利用することが出来ますし、このようなシステムが農業集落排水事業の役目なのです。そして、このようにして処理された集落の排水は、河川に放流しても、子ども達は心置きなく水遊びを楽しむことが出来るのです。

また、汚水処理場も建設地区の農村環境にマッチした建物にと、考えながら施工されています。しかし、都市のマンショ

ンや団地でありましたら、各家庭が集合していますので、排水管も短くて済みます。けれども、農村のように各農家が散在しているところでは排水管も非常に長いものになり、また起伏した地形に合わせた管路になるために途中にポンプ場もつくる必要性が出てきて、工事費も高くなってくるのです。けれども、いままでのように農村のトイレは、くみ取り式であったものが水洗化されることにより、農村の生活環境の改善と水質環境の保全には重要な施設となるのです。お嫁さんや、お孫さんも農村に来ることもでき、農村の流出人口の防止や定住化にも大きな役割を持っているのです。また、このような事業によって農村の活性化や農村住民と都市住民とのコミュニケーションが図ることができるならば素晴らしい農村になると考えます。

どうぞ、みなさんの力で、住み良い農村、農作業のし易い農業、小川やかんがい用水路のきれいな流れ、数多くの昆虫の飛び交う自然を創生できるようにご支援をお願いします！

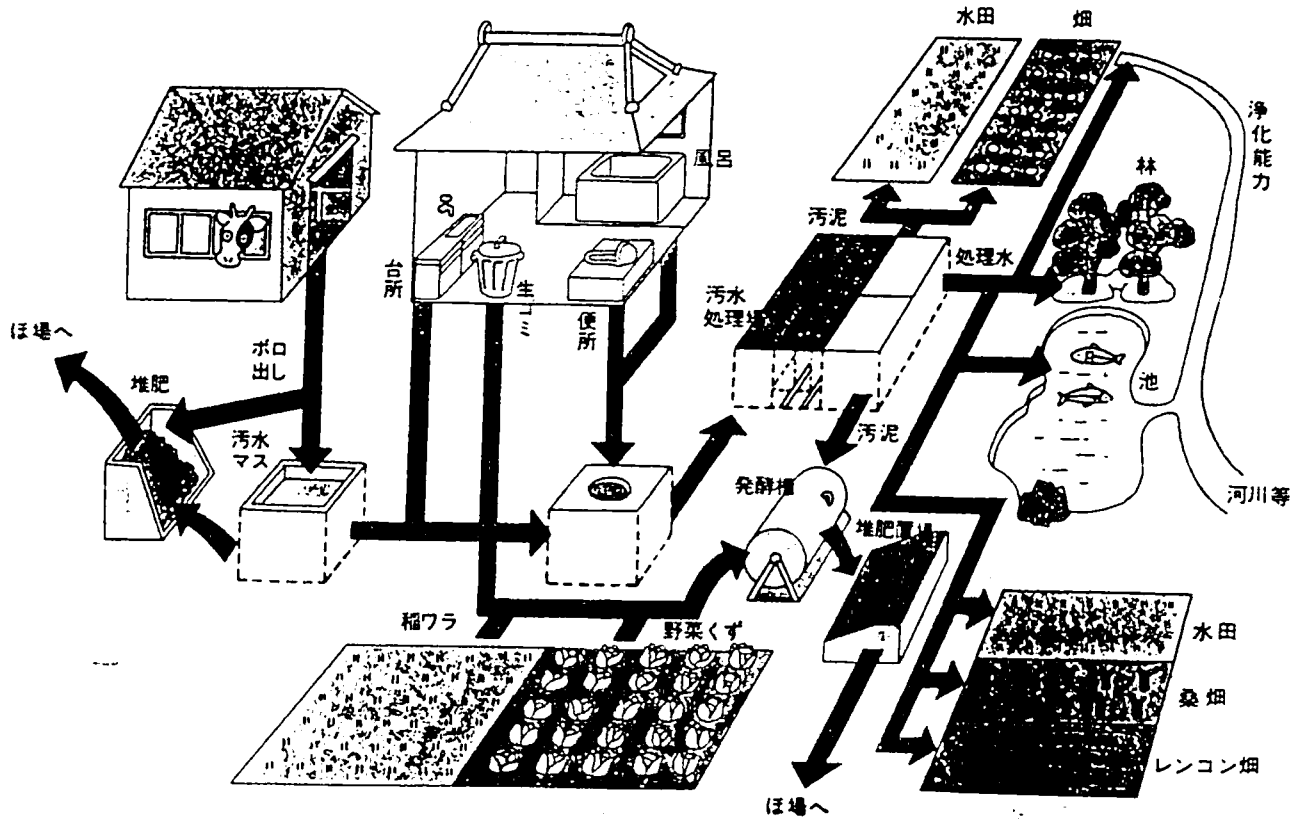


図 一 5 農業集落排水事業機構図

合鴨水筒同時作：自然回帰の現代農法

園田立信・内川昌彦（草地畜産学講座）・梅崎輝尚（附属農場）
長友俊樹（地域農学講座）・平野克己（水産増殖学講座）

I	はじめに		
II	合鴨農法の特徴	農法の概略	農法の特徴
III	実験水田について	生育調査	環境調査
IV	供試合鴨について	行動調査	
V	合鴨行動の観察結果		
	遊泳	捕虫	株元つつき
	休息	齢による変化	水面・水中・水底探索
			株間の拡大による変化
VI	水稻調査の結果		
	生育	収量	冷夏・台風襲来の影響
VII	稲と水田環境の変化		
	稲における窒素動態	水田環境	
VIII	社会的意義		

I：はじめに

日本農業は、国民への食糧供給という任務を果たしてきた。しかし、昨今では、農産物価格の下落、輸入農産物の急増、農村の過疎化や後継者不足、農業による自然環境の荒廃や汚染、などの課題を抱えている。さらには、政府マスコミにより、日本の農産物は高いという宣伝も行われ、市民の農業に対する支援は薄い状況にある。即ち、農業の危機という複雑な状況に直面している。

一方、地球規模での環境の荒廃やエネルギー消費も進行し、さらには食糧不足が見通される状況にある。このような状況に

あって、農業がより重要で根元的な役割を展開できる状態を構築することができれば、21世紀の農業と地球の将来に明るい展望を見出すことが出来ると考える。

ところで、作物と家畜を組合せ、自然の能力を活かした循環システムを構築することが、農業による環境の保全と回復、健全な食の構築に対する基本戦略と考えられる。しかし、現実の近代化農業では、経済的効率を追求するあまり、作物生産は農薬と化学肥料に依存し、家畜生産は輸入飼料に依存して、両者は乖離している。その結果として、環境破壊、エネルギー消費はもとより、動植物の不健全性、生産物の質（味や安全性）の低下、生物生産効率の低

下などの深刻な状況が起こっていると考
えられる。

本研究は、稲作と畜産を結合させた農法、
すなわち、水田に合鴨雛を放飼して、健全
で多収な稲生産を実現している合鴨水筒
同時作（アイガモ農法）の科学的根拠を明
らかにし、この農法の生産面、環境安全性
などの優秀性、および自然回帰性を浮き彫
りにし、ひろく国民に本農法を理解して頂
くためのものである。

本論の責任者は畜産学徒であるため、稲
に関する掘り下げが浅いこと、また、研究
の中途にあるので、各課題に対する解明が
出来ていないことなど、不十分であるが、
中間報告として、これまでの成果を紹介す
る。あわせて、本農法の社会的意義につい
ても考察した。

Ⅱ：アイガモ農法の特徴

1) 農法の概略

一般には、田植後1月程度の水田に、合
鴨（真鴨とアヒルの中間）の雛を適当羽数
（20-30羽）を放し、給餌する。外敵防止
と逃亡防止のために電気牧柵ネットを張
る。出穂後に合鴨が穂を食べ始めるので、
陸揚げする。その後の合鴨は飼い直しをし
て鴨肉を生産する。なお、合鴨行動を保証
するために深水で管理し、中干しは行わな
い。

合鴨水筒同時作の技術概要（日程と説明）

稲	育苗・堆肥・田植	分けつ	中干しせず	出穂・乳熟	稲刈り
(日程)	0週	3-7週		10-13週	
合鴨	孵卵-孵化	放飼	給餌量増やす	鴨上げ・飼い直し・鴨肉	
(日程)	(28日間)	3-5週		(出穂後)	4-6月
説明番号	①②	③	④	⑤	⑥

- ①雛は必ず保温(2-3週間)、早期に水慣れを、青草と動物蛋白質の給与を
- ②雛よりも稲が大きく(2-5週齢)、雑草が小さい時期に、10a 当り 15-25羽を
外敵防止と合鴨逃亡の防止のために必ずネット+電気牧柵を
- ③水田内全体を遊泳するよう深水管理で(浅いところへは行かない)
- ④飼料は自家無農薬生産、給与量は陸上飼育の半分以上
- ④出穂して胚乳が入ると鴨が穂を食べ始めるので、鴨をあげる
- ⑤1月以上の飼い直しで、鴨肉の水田臭が改善される。味は6月齢程から
素晴らしくなる。米の販売は個人・グループを対象に[産直]

2) 農法の特徴

アイガモ農法では、肥料は元肥（堆肥）以外には必要ない〔無化学肥料〕。合鴨は稲を避けて遊泳移動し、その脚運動で雑草が抜けるから、除草剤は必要ない。彼らは、虫を最も好み、追いかけるので、駆虫剤も必要ない。さらに、合鴨からの物理的刺激で稲は丈夫に育ち、病気にならないので、どんな農薬も必要ない〔無農薬〕のである。

さらに、鴨の行動を保証するために株間を広くするが、それでも反収が減ることはなく、慣行稲作より、稲は健全であって多収となる。

ところで、本農法において外部から導入する資材は、上述の合鴨、ネット類、堆肥、および餌であるが、ネット類以外は自家生産が可能であるので、完全な低投入持続型（LISA）農業を展開することは困難ではない。

このような成果について、稲や作物の専門家の中には今でも疑問を持ち、関心を持たない方が多い。これは、鴨や動物の行動になじみがなく、また、実践や観察をしないと納得できないためと考えられる。しかし、近年の稲の科学では説明できない自然のメカニズムが働いているためと考えることもできる。

他方、この農法の持つ特徴は、上述の水田での技術展開だけでなく、生産者の生活や考え方、地域の環境や文化、一般市民との関わり、さらに、食生活のあり方、等にも影響を与えつつあり、総合的な視点での取り組みを待っている。

Ⅲ：実験水田について

1) 実験水田

93年より95年までの3年間、早期作と普通作について、宮崎大学農学部附属農場の東水田にて実施した。

稲の品種は、早期作ではコシヒカリ、普通作ではヒノヒカリである。稚苗のは常法にて生産された。

元肥としては鶏糞を投入し、代掻き後に田植した（無農薬・無化学肥料）。

畝間は30 cm、株間は14-42 cmの間で設定した。

水田の畦内に電線を編み込んだネットを高さ1 m程度で囲った（犬対策）。1角に休息用の小屋を設置した。また、水田全面に2-4 mの間隔で防鳥糸を張った（カラス対策）。

合鴨水田内には、1-2 mの鴨が入ることができない部位を設定し、対照区とした。さらに、1列数本の稲を金網で囲い、合鴨が稲に接触することが出来ないこと以外は他の稲と同じ条件の部位を接触対照区と設定した。一方、同時に隣接して田植された水田の稲苗を指定して、慣行（農法）区とした。

2) 生育調査

田植え後または合鴨放飼前から刈り入れまで定期的（毎週）に、指定した稲株について調査した。調査項目は、分けつ（枝分かれ）と草丈（草高）で、後者は株の根元に定規を立てて計測した。その他、水深との関連で合鴨による踏み倒し、台風による白穂発生や倒伏等も調査した。

3) 収量調査

稲刈り前に、生育調査した稲株、または無作為に選んだ株について採集し、各測定事項について計測した。なお、玄米重は籾重に0.9をかけて推測した。反当たり収量（推定）は株間を考慮して計算した。

産卵鶏用の市販飼料を用いた。

出穂後に、合鴨が穂を食べはじめたところで、合鴨を水田からあげ、実験畜舎で鶏飼料により飼い直した。成熟した合鴨雄の体重は1500-1600g、雌は1300-1400g程であった。

IV：供試合鴨について

1) 合鴨について

使用した合鴨雛は、真鴨と家鴨（カーキキャンベル）の交雑種に真鴨を掛け合わせて作成された小型系統を用いた（高橋孵卵場、大阪）。導入（孵化後2日）後には、手製の育雛箱で、保温、給餌（初生雛用飼料+緑草）給水、水浴を行い、導入後3-5週で、水田に放飼した。毎日、所定量の餌を給与した。飼料としては育成鶏または

2) 合鴨行動の調査方法

先ず、水田内での合鴨の行動目録 ethogram を作成した（表参照）。

行動記録の基本的方法は、1分毎に記録する time sampling とした。なお、株元つつき行動の回数については、全てを記録する all occurrence で行った。

なお、個体識別については各種の試みを行ったが、稲が生長すると見えなくなるのが通常で、完全な方法は未だ得ていない。従って、視野内にいる個体の行動を記録する方法を常法としている。

合鴨行動の分類 Ethogram

行動型	行動単位	行動型	行動単位
活動	株元つつき	身繕い	水浴び
	水面・水中・水底探索		頭振り
移動	警戒	休息	尾振り
	疾走・潜り		羽繕い
	遊泳		静止
摂食	捕虫		睡眠
	摂食（餌・草）		
	飲水		

水田内の移動については、水田をネットのポールを目印に2-3m間隔で区切った小区画の番号を記録して、解析した。

夜間の合鴨行動の調査は、できるだけ満月の夜に行ったが、所在と水面波動による推測で観察した。

なお、水田北側の隣接施設の高い土手の上から行動観察を行った。

V：合鴨行動の調査結果

合鴨は水田内で本能行動を發揮している。それらを個別の動作（行動単位）で記載し、さらに類似性や意味付けで行動型にまとめて、表1に示した。

それらの行動の中で、水田や稲に影響を与える行動としては、遊泳、虫取り、株元つつき、水面・水中・水底探索、その他の行動があげられる。なお、明確に摂食と関わる行動は、虫取りと水面・水中・水底探索、および給与飼料の摂取であった。

1) 遊泳

水田を深水で管理すると、合鴨は水田全体を遊泳する。浅いところは休息時に利用するのみで、遊泳しない。

[合鴨は稲を避ける]

放飼されたばかりの合鴨雛でも稲を避けて遊泳する。初期の稲生育は遅く、鴨の成長の方が早いけれども、合鴨が稲を踏み倒すことは少ない。まるで、合鴨がイネを「稲」と知っているかのようなのである。

しかしながら、合鴨水田では、速効性の化学肥料を用いないために、稲の初期発育が遅いので、稚苗が弱く、風雨などで倒れていると容赦なく跨いで通り、苗が踏み倒されることもある。従って、健全な苗の生産と鴨の放飼時期の適切な判断が必要となる。合鴨雛が稲を避けるのは、おそらく、鴨の目線よりも稲が高く、目立つ場合であろうと推測される。

[合鴨は水田内をくまなく遊泳する]

鴨が移動した軌線を調べ、水田内の各区画での通過回数の比較ところ、93年には全ての区画を同じように移動したことはならなかった。即ち、水田内で水深が浅い場所へは行かず、その浅い部位には雑草が繁茂しやすかった。逆に深い部位の利用頻度は高いが、その部位の稲に踏み倒し等の障害の起こりやすいことが認められた。

なお、各区画での水深と雑草量との関係を解析したところ、統計的な有意差はなかったが、明らかに水深が浅い部位が雑草が多かった。他方、水深と稲の踏み倒し程度には関係があり（水深8段階、 $\chi^2=6406$ 、 $P<0.05$ ）、深い所で踏み倒しが多かった。

水深の分布がほぼ一様であった場合（94年）には、全面を均等に移動しており、部位による差は認められなかった。

[合鴨は遊泳で除草する]

合鴨が遊泳すると、脚で泥を掻き上げるので濁水となるが、同時に雑草が根っこから抜けて、浮遊する。合鴨よりも大きい雑草が生えている場合には、この除草はみられず、雑草がさらに繁茂した（95年）。

ところで、合鴨が除草（摂食）した雑草の種類と量については判らないが、対照区を設定して、合鴨放飼期間中に3回雑草を採集した。その3回の平均値の合計は10a当たり92.8kgにも相当した。

表 合鴨水田における雑草の種類と乾物量（94年早期昨）

	ヒメウキ	マツモ	コナギ	テンツキ	イヌビエ	ノミノフ	その他	合計
対照区								
12日	0	28.70	4.21	2.63	1.80	0	1.71	39.05
38日	0	27.60	2.60	0.62	1.01	0	1.45	33.28
55日	12.9	0.17	2.52	0.57	2.42	1.30	0.62	20.50
合鴨区								
12日	0	5.94	2.76	1.36	0	0	0.49	10.55
38日	0	0.08	2.74	2.19	0	0	0.62	5.63
55日	0	0.02	1.30	1.52	0.28	0.78	0.06	3.96

数値は10a当たり換算kg

[合鴨は遊泳で中耕している]

合鴨が遊泳する畝間は土が掘られて深くなり、一方、鴨が入り込まない株間には、泥が積み上げられて、高くなった。これらの泥の移動は日常的に起こっているように見え、泥と共に、養分が根近くに供給されていることが推測される。

2) 捕虫

孵化直後から虫に飛びついて食べる行動が認められる。壁や葉に留まっている虫だけでなく、飛んでいる虫にも飛びつく。さらに敷きワラ内に発生したウジ虫もクチバシで掘り出して摂取する。水田に放飼されたばかりの雛は、両側にある稲を交互に観察しつつ進行し、虫またはそれらしき物があると、頸を伸ばしたり、飛びつくようにして捕まえる。成熟してもこの動作は続くので、生得的に捕虫の行動が備わっていると推察される。

3) 株元つつき

合鴨は移動しつつ、稲株の水面直上部（株元と表現する）を強烈につついて、稲を揺らすことを繰り返す。このように直接に稲を刺激する行動はこの行動だけであった。

この行動の意味は明確ではないが、次にくる行動との関係（行動連鎖）をみると、水面探索を行うことが多いように思われた（未解析）。そうであれば、鴨は稲を揺らせて、稲に付いた虫を落として、それらを食べることを本能的に行っていることが推測される。（株元つつき行動回数と稲生育量との関係）

ところで、この行動は稲を操作するので、稲のその後の生育が変化することが期待される。そこで、株元つつきと、その時期の分けつおよび草丈との関係を検討した結果、密接な関係が認められた（詳細は、VIの水稻調査の結果）。

4) 水面・水中・水底探索

合鴨は嘴を高速で開閉し、ジャブジャブと音を立てる行動を水面で行う。また、水中や水底でも同様の動作を行って、探索や摂取を行う。その嘴の辺縁には細かな凹凸を備えている。合鴨はこの行動を行い、水を吐き出すが、その際には、濾過作用で口腔内に残った物を摂取しているのではないかと推測される。すなわち、水面・水中の水草・藻の類、根が抜けて水面に浮き、ふやけて柔らかくなった雑草類、などが合鴨水田からは早急に消失していた。一方、水中に多量発生している微細なプランクトン等も餌となっているに違いないが、未だ証明できていない。

5) 休息

合鴨は一定時間を水田内で活動した後には休息をとる。その際には、まず、毛繕いを行って、濡れた羽毛を整備する。次いで、睡眠を含めた深い休息にはいる。休息時間は、成長と共に増加するが、その理由は不明である。

毛つくりは、尾部の左右一対の尾脂腺からの分泌物を羽毛などに塗布する行動と説明されている。すなわち、まず尾根部に嘴をもってゆき、次いで全身を嘴で操作するのである。ところで、合鴨は休息中などに頻りに尾を振る。この動作は他の鳥でも見られるが、合鴨においては特に多いようだ。尾を振ることによって、尾脂腺からの分泌を促進していると考えられる。

野生の真鴨は夜間に餌を求めて活動し、昼間は安全な場所で休息すると言われる。しかしながら、点調査であるので、時間的配分については不明である。

それに対して、合鴨の場合はどうか。合鴨の雛および成体の活動は夜間に多く、彼らは夜行性であるとした報告もある。しかし、著者らの調査では、深夜の活動は殆どなく、日の出とともに活動を開始し、日没とともに活動を停止する生活を展開している。このような調査結果の差異は、地形、外敵、給餌、観察者の行動、等に左右されていると考えられるが、調査を重ねる毎に、夜明け直後と日没前後に活動が多いことが共通認識になりつつある。

6) 合鴨行動の齢による変化

合鴨が水田内で行っている行動の頻度については明確に齢による差が認められた。すなわち、全活動時間（日中6時間）は、放飼後3、6、8週目に、それぞれ140、85、50分と減少し、一方、株元つつき行動回数も、1、3、6、8週目には、それぞれ570、630、200、100回と減少した。

各種行動の中でも積極的な活動、すなわち水田に働きかける行動はすべて幼い頃に多く、成長と共に減少する。すなわち、放飼初期には水田内で活発に活動し、休息することは少なかった合鴨雛であるが、放飼後半には休息することが多くなり、活動している姿を見かけることが少なくなる。この大きな変化の意味は判らない。

特に顕著な変化が、株元つつき行動で見られることは前述のとおりである。ところで、稲の分けつは田植え後1月程度の短期間に集中するが、合鴨の株元つつき行動もこの時期に多く、この株元つつき行動がこの分けつ期間を延長させることによって、分けつ数を増やしていることは別記のと

おりであるが、ここには、稲と合鴨の組み合わせが、自然の冥利を実現していることをみることができる。

一方、合鴨の食性も、野生の鴨と同様に、齢によって動物性から雑食性が変わるものであれば、放飼前半には虫を求めて活発な行動を頻繁に行い、後半には活動が減少することは理解できる。また、この機構に従った飼養管理法が求められることになる。

他方、成長と共に水田に働きかける行動1回当りの影響は大きくなっているので、活動の回数が減ったとしても、水田への各種の作用については大差はないことも考えられる。

7) 株間拡大による行動変化

慣行水田では、稲株の間隔を14-16

cmに設定するのが通常である。しかしながら、合鴨が成長し、また稲も生育すると、合鴨は稲株の間を通り抜けることが出来なくなり、畝に沿った移動だけを行うことになる。これでは、合鴨の効果が期待できないおそれがあるので、株間を広げることが要求される。

そこで、株間を2倍と4倍に拡大した場合の日中6時間の合鴨行動を比較してみた。株間を14、28、42 cmとした場合、その順に、1羽当たりの活動時間は、平均668、982、1135分であった。明らかに、株間の拡張によって合鴨の活動は増加した。また、稲への直接刺激である株元つき行動の回数(株数)についても、268、410、469株と増加した。

従って、株間の拡張は、合鴨効果を発揮させるために有効な手段と考えられる。



ネットを張り巡らせた合鴨水田



水面・水中探索する合鴨雛

VI：水稻調査の結果

1) 稲の生育について

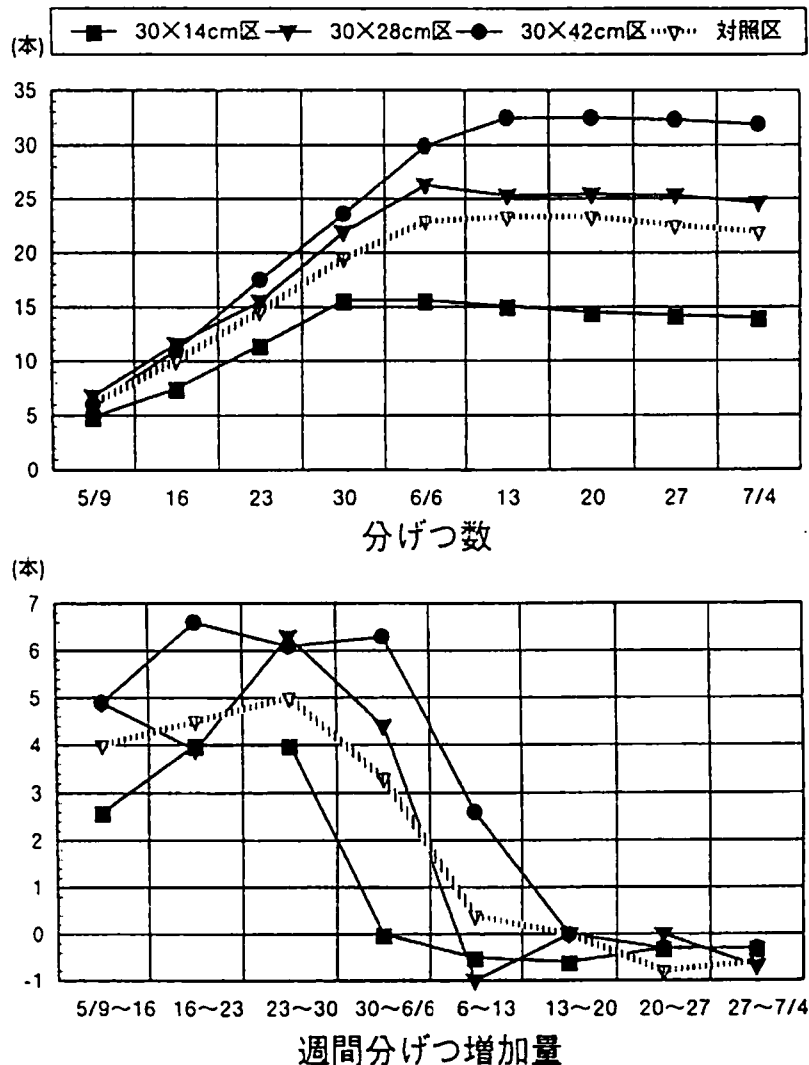
常法によって合鴨雑を水田に導入すると、1週間後には稲に顕著な変化を見ることが出来る。すなわち、葉の色の緑が濃くなり、続いて、葉の幅が広くなる、などである。

速効性の化学肥料を施肥していないので、合鴨水田での苗の発育は遅れることが多いが、合鴨導入後には著しい変化をみせ

る。生育が促進され、慣行水田の稲を凌駕するようになる。

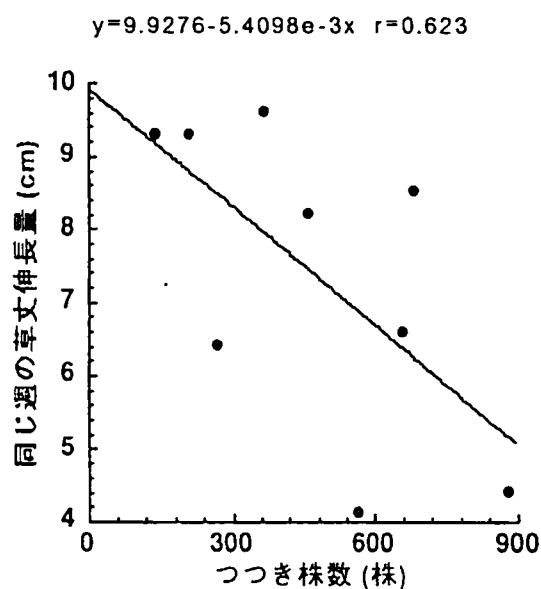
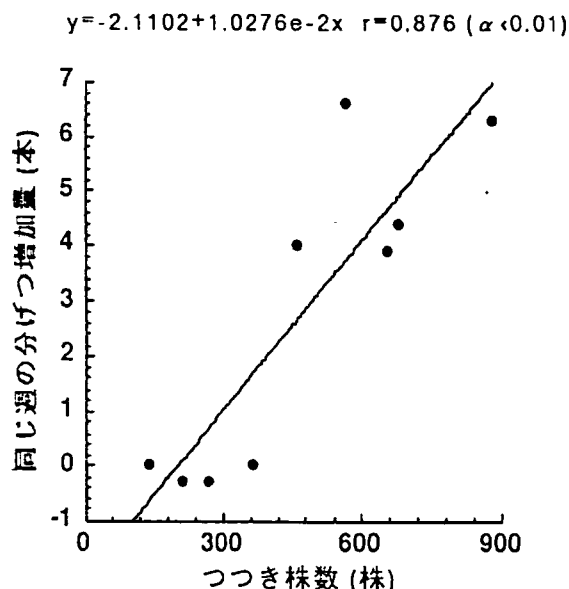
[分けつについて一特に株間拡張と株元つつき回数との関係]

分けつは一般に田植後3-4週後に盛んであるが、その後は停滞する。しかし、合鴨水田では、とくに株間を拡張した場合、分けつの期間が1-2週間延び、分けつ数は明らかに多くなった(図参照)。



なお、全処理区での各調査時期における分けつの増加数と合鴨による株元つつき回数との相関を調べてみると、有意な正の相関が認められた（図参照）。すなわち、株間の拡大により、合鴨の行動、特に株元

つつき行動が解発され、この物理的刺激が分けつ促進に貢献したものと推測している。なお、株間拡張による太陽光線到達量の増大もこれに関わっているであろう。



つつき株数と分けつ増加量および草丈伸長量との関係

[草丈について一同上]

合鴨導入時期から草丈の伸びは促進されたが、株間が広い程伸長量は大きかった（次ページ図参照）。しかしながら、鴨が稲を刺激できないように金網で囲った対照区の稲ではその伸長量がさらに大きかった。

他方、稲の伸長量と合鴨の株元つつき行動の相関を調べてみると（上右図参照）、有意ではないが、高い負の相関値が得られた。すなわち、株間の拡大で稲の伸長は促進されるが、鴨からの物理的刺激は稲の伸長を抑制している（ズングリ効果）と考えられた。

[株間の拡大の影響]

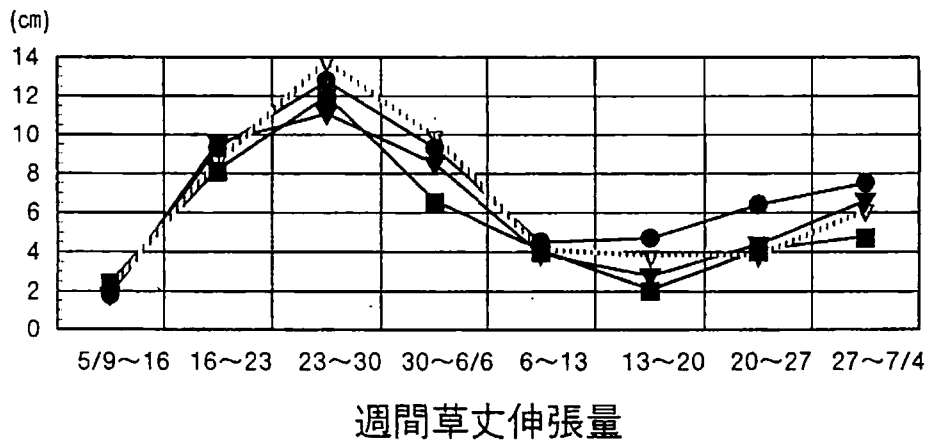
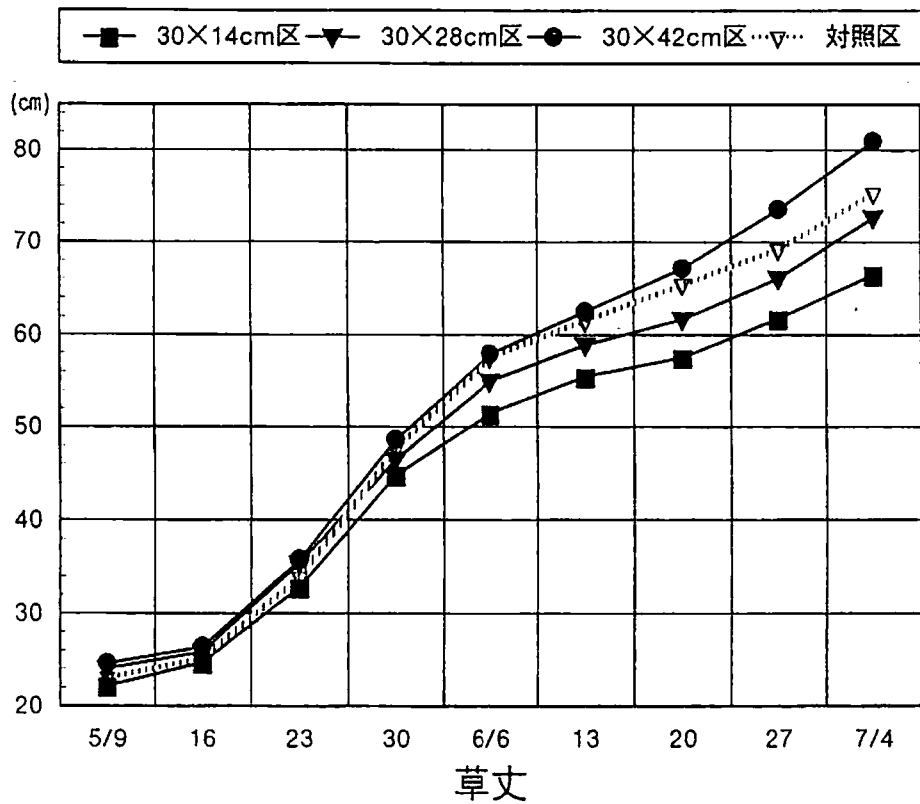
前述のように、株間を広くすることによって、合鴨の活動は増加しており、株間の拡大で、いわゆる視野が広がって株元つつき行動などが増え、遊泳範囲も広がった。このことは、鴨による稲への影響が総体としても増えることとなり、稲の発育、さらには収量の増加にも繋がったものと考えられる。

株間の拡大は合鴨の行動を促進しただけでなく、太陽光線の稲株への影響をも増大させたと考えられる。特に、株間が狭い方の水田では、稲が生育し、繁茂してからの受光量は明らかに少なくなったと考えられる。しかしながら、田植え後の初期の、

稲の葉が株間を覆わない段階においては受光量の違いは大きくないと考えられる。

ところで、前段で述べた分けつや草丈の違いは合鴨放飼後の初期から出現するも

のであり、太陽光線の受光量の違いというよりも、合鴨の効果の方が大きかったものと推測している。



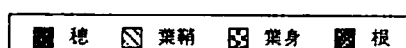
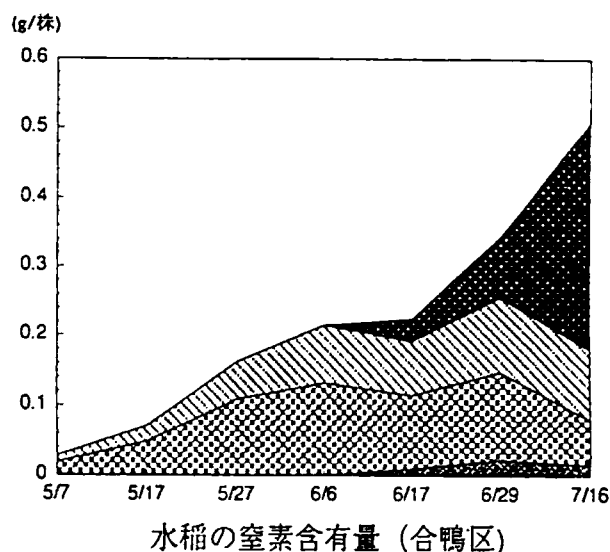
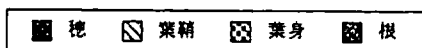
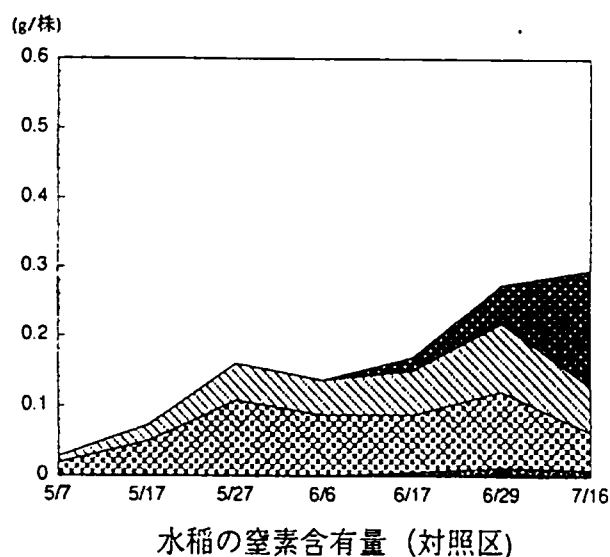
2) 稲の発育に伴う窒素動態について

合鴨水稲での窒素動態を調べたところ、稲による窒素吸収は約2倍に促進されており、これは排泄される鴨糞の窒素量以上のものであった。

稲が吸収した窒素は、根を経て、葉身と葉鞘を経て、穂に集積されるが、その時間

的経過を見ても(図参照)、各部位における窒素量は慣行水稲よりも合鴨水稲の方が多かった。この現象は93、94年と重ねて確認された。

これらの結果は、水田への合鴨の導入が、稲の発育から米の収量までの過程を促進させていることを裏付けている。



3) 米収量について

93年度については前述のように冷夏であったが、合鴨水田の収量は慣行水田よりも著しく多かった。

天候が良好であった94年の収量を表に示した。慣行水田の株間は16cm、合鴨区の株間は32cmであった。合鴨区の株当たりの収量は、慣行区の2倍にもなっており、その差は顕著であった。なお、反当たり収量では差は無かった。

他方、95年には、合鴨雛の放飼を遅れたが(田植後35-45日)、雑草が

すでに繁茂していたために、雛の行動が抑制されてしまい、合鴨区の収量は慣行区よりも少なかった。

上述の常法によって鴨放飼を行う限りでは収量が低下するような失敗の例は殆ど無い。通常では、その水田での慣行農法による収量よりも1割程度の増収が確実に認められている。

4) 冷夏・台風襲来の影響について

93年の冷夏の年には、作柄が非常に悪く、また、台風の襲来もあって、大きな被

害があった。しかしながら、合鴨水田ではその被害、すなわち、白穂発生と倒伏が明らかに少なく、収量には顕著な差が認められた。

[白穂発生について]

台風通過直後の水田では出穂したばかりの稲穂が白くなる現象がみられた。1株当たりの白穂の割合を調べた結果、合鴨水田での白穂割合は17.0-19.2%であったのに対し、慣行水田では36.6-43.0%であった。

[倒伏について]

台風13号の通過後には、殆どの水田で

ほぼ100%の稲が倒れた。それに対して、合鴨水田では、倒伏は0.0-65.2%で、傾き（自力で持ちこたえ）は16.0-73.5%で、正常が16.6-33.0%であって、明らかに倒伏が少なかった（数値は区画毎の測定値の最小と最大）。

[収量について]

合鴨導入区（3区）、鴨を導入していない対照区（2区）、および慣行農法区（1区）の平均値は明らかに差があり、合鴨区、対照区、慣行区の順に多かった（表参照）。

表 合鴨農法水田における収量調査結果

	桿長	有効穂数	稔実粒数	登熟割合	ワラ重	精糲重	玄米重
93年早期作							
慣行区	73.0	11.2	438	50.5	13.8	158	142
対照区	76.2	5.6	587	48.6	23.0	208	190
合鴨区	80.8	26.4	1144	52.9	40.3	370	407
94年早期早期作							
対照区	59.9	18.9	967	85.4	58.4	441	370
合鴨区	64.6	22.1	1282	89.8	65.7	588	494
94年普通作							
慣行区	77.6	16.5	925	84.8	79.2	570	478
合鴨区	79.1	28.6	1955	85.5	78.7	573	481

Ⅶ：合鴨水田の水質・泥質および微生物について

(95年の調査結果を中心に)

1) 水質など

水温は合鴨区が若干低めに推移した。pHは合鴨区が幾分低めであった。

一方、濁度は顕著な差があり、合鴨区は200 NTU と濁っていたのに対して、慣行区は50 NTU で透明であった。なお、合鴨区では、調査地点の濁度は日により大きく変動していた。

溶存酸素量DOも調査地点により変動したが、平均値は合鴨水田より慣行水田が高い傾向にあった。また、94年の調査では、合鴨放飼後の日数の経過の伴って、合鴨区の溶存酸素量は減少し、慣行区よりも少なくなることが明確に認められた。このことは、合鴨の攪拌により酸素取り込みもあり得るが、濁水状態では太陽光線が遮断されて水中生物による光合成が抑制されていることを反映した結果と考えられる。

COD、アンモニア態窒素、リン酸態リンのいずれの濃度も、合鴨区があきらかに高かった。なお、ケイ酸には大差は認められなかった。

プランクトンについては、その沈殿量で見ると、慣行区の5 ml に対して、合鴨区は15-25ml で、3-5倍も多かった。また、浮遊物量も合鴨区が多かった。

2) 土質

泥中の温度は、合鴨区が2℃程低く推移した。泥中の有機物量は、慣行区の9%に対して、合鴨区は7%強の値を示して、少

なかった。

泥中のケイ藻細胞数を見ると、合鴨区に対して慣行区の方が5倍程も多かった。特に、田植えご1月以降に著増した。すなわち、合鴨水田の泥中においては、ケイ藻の発生は少ないが、有機物量も少ないこと、有機物量はケイ藻量を反映していること、また、合鴨の攪拌により泥中の有機物は水中に拡散していることが推測された。なお、94年の調査では、泥中のアンモニア態窒素量には大差無いが、硝酸態窒素は合鴨区で多くなることが認められている。

上記の観察により、合鴨水田内の環境は、慣行水田とは大きく違ったものであり、特殊ではあるが、自然環境に近いことが認められた。

Ⅷ：アイガモ農法の社会的意義

水田に自然を戻す合鴨農法は、人の生活、食、地域や文化などにも多くの変化をもたらすことが期待される。

生活： 鴨が田圃で遊ぶ風景はヒトを楽しませ、自然回帰を実感させてくれる＝消費者の理解が得易い。労働を楽しく行え、家族で取り組みやすい。

食： 完全無農薬・無化学肥料の農法によって生産された農産物は、アレルギー等の疾病の予防と治療の可能性を持つ。さらに風味ある食品を提供する。

地域・文化： 農村が自然喪失と経済喪失の中で崩壊して行くのに対し、自然回帰と

経済復興?により、農村の文化的魅力が回復し、地域復興の展望が開ける。

合鴨米の価格の考え方：新食糧法がスタートした中で、減反して価格低落を防ぐ試みがなされている。しかし、一方では、政府・マスコミが行った「日本の農産物は高い」というデマ宣伝（脚注）は確実に市民に浸透しており、新食糧法による価格破壊による米価下落を期待する雰囲気もある。また、日本農業の衰退を当然視する部分もある。

しかしながら、日本での環境汚染、食の危険性、農業の衰退は確実に進行しており、これらの実態を改善する政策が無い状況下では、健全な農業をやりたい農民と、家族の健康生活と地域文化を守り作って行きたい一般市民との間で相互理解により、再生産を保障する価格での取引が形成されると展望が開けると考えられる。言い換えると、自然と環境を守り、心身の健全を

保証できる生産体系と、関連する流通、食文化などの再構築が求められているのではないだろうか。

合鴨農法とその周辺には、状況を改善できる可能性を秘めていると考える。さらに、アイガモ農法以外にも魅力的な作物や家畜の生産方法が存在することも確実である。

（脚注：日本のエンゲル係数は17-8%?で、世界で最も低い水準！為替レートによる比較ではなく、国民の労働所得で食品の価格を割って見て下さい＝WHOのデータが図書館に）

本研究は、宮崎大学特別研究経費の補助を受けて実施されました。



冷夏のあとに台風に見舞われた水田風景
（手前の慣行水田の稲は全て倒伏した。遠方の合鴨水田では合鴨小屋は倒壊したが、稲には被害無し：宮崎市）

環境保全と「クヌギ林内放牧」

杉本 安寛 (地域農学講座)

1. 宮崎県椎葉村における「クヌギ林内放牧」

宮崎県椎葉村における「クヌギ林内放牧」は、椎葉村役場職員の椎葉明氏が10数年前に長野県で行われていた「クヌギ林内放牧」を視察してその効用を見抜き、椎葉村に導入したといわれる。椎葉村では昭和62年度(1987年)より里山等利用促進対策事業(補助金額10アール当たり1万円)として取り組まれ、平成3年度(1991年)までに21戸の農家、45.5haが事業対象となっている。この間に、対象農家の合計飼養頭数71頭(平均3.4頭、育成牛を含む)は、「クヌギ林内放牧」の導入により、110頭(平均5.2頭)に増加している。椎葉村の林内放牧は、対象のクヌギ林内を電気牧柵で囲い、下草のススキなどを採食させるもので、オーチャードグラスなどの牧草を積極的に導入している例もみられる。昼夜放牧の場合や、夜間は畜舎に家畜を収容する場合など、農家によって利用の仕方は様々である。面積当たりの放牧頭数は、林内放牧地の利用年数、あるいは利用の仕方などによって異なり、ほぼ1-3頭/ha程度である。

椎葉村の農家調査によると、「クヌギ林

内放牧」の効果として、1. 家畜の健康増進(毛色が良く、目が輝き牛が生き生きしている、発情兆候がはっきりする、安産する、受胎率が高い、下痢をしないなど)、2. 牛群管理労力の減少(飼料給与、草刈り、糞尿処理労働時間の減少)、3. 経営外からの飼料の持込み量の減少(濃厚飼料給与量の減少、イナワラの購入量の減少)4. 冬場の粗飼料確保(春-秋の余剰草を冬場に利用できる)5. 低コストが挙げられている。

1) A例(放牧開始後10年目)

- ① 繁殖牛9頭を飼養し、そのうち6頭と子牛5頭を3haのクヌギ林内に放牧している。残りの繁殖牛3頭は共有地の牧場に放牧している。子牛は生後10日位から放牧する。
- ② 周年放牧であるが夜間は畜舎で過ごす。
- ③ 下草は、春~秋期はススキ、野草、かん木の葉で、冬期はササ。冬場の飼料としてナタネ科の「ハルゴナ」をクヌギ林内に播種する。下草は総じて少ない。ファイバーミックスを1kg/1頭、朝・夕2回給与。飲料水は湧水。
- ④ 管理労力は30分/1人/日。
- ⑤ 子牛は300kg/10カ月。8頭/年出荷。

2) B例(放牧開始後8年目)

- ① 繁殖牛5頭を飼養し、そのうち2頭を2-3haのクヌギ林に放牧している。残りの繁殖牛3頭は共有地の牧場と自宅周辺に放牧している。クヌギ10haを所有している。
- ② 昼夜連続の周年放牧でクヌギ林は5月～11月初旬に利用される。
- ③ 下草は春～秋期はススキ、野草、一部にオーチャードグラスが定着している。冬場は、スギ林、マツ林のササ、かん木。濃厚飼料はほとんど給与しない。飲料水は谷川からパイプで採水。
- ④ 管理労力はほとんど必要としない。
- ⑤ 現在林内放牧地の一部(約50a)にワラビが繁茂し、放牧が不可能の状態。

2. 環境保全型としての「クヌギ林内放牧」

世界的にみて、自然の草原が成立するのは砂漠周辺部の降雨量が500mm前後の地帯であり、森林が人為的に草地化された地域においても、ヨーロッパ、オーストラリア、ニュージーランドをはじめとして降雨量が1,000mmを越える地域は稀である。他方、アジア・モンスーン地帯における農業

的土地利用で水田が卓越するのは、この地域のおかれた夏期多雨の自然環境と水稲および水田の持つ諸機能からして当然の帰結である。このような地帯に人為的に草地を成立させる場合は、草原が成立し易い地帯と違って、草地植生維持はもちろん、土壌・水保全をはじめ多雨に伴う諸問題を抱えることになる。

例えば、九州の山間および中山間地帯は、急峻な地形が多く、かつ5月から9月に多量の降雨が認められ、年間降水量が2,500～4,000mmに達する豪雨地帯である。このような地帯で畜産的土地利用を行う場合に最も留意する必要があるのは、土壌侵食や洪水などの土壌・水保全の問題である。この地域における放牧用草地の開発は、既存の森林および下層植生を全て除去し、牧草種を導入するのが一般的方法であったが、この方法で造成された草地は適切な管理を怠ると土壌侵食など、土壌・水保全上の問題を起こす可能性が高いのは、この地域のおかれた多雨環境からして当然である。実際に造成後30年を経過した宮崎県椎葉村の人工草地では、激しい土壌侵食が見られる(写真1)。



写真1. 宮崎県椎葉村の人工草地における土壌侵食。

このため、既存の森林と国土保全型の畜産を共存させていく有効的な手段として、林地を放牧用地として利用し、森林と草地の共存をはかりながら家畜生産を行う林内放牧方式が考えられる。

これまでも林内放牧方式による家畜生産が九州管内で行われた経緯はある。しかし、過去に行われた林内放牧はスギあるいはヒノキ林地といった常緑針葉樹林に家畜を放牧するもので、樹木の生長に伴う草地生産力の低下が顕著なこともあって、現在、ほとんど行われていない。

他方、落葉広葉樹であるクヌギ林地はスギやヒノキなどの林地に比べて、林内への光透過が良好で、牧養力のはるかに高いと考えられる。また、クヌギは伐採間隔が10～18年と短いため、樹木を適正密度に保つことにより永続的な放牧利用が可能であろう。

クヌギ林内放牧地が土壌・水保全上期待されるのは以下の点である。クヌギの枝葉層、野草種や牧草種等の下層植生、毎年の落葉によって形成される堆積落葉層などによって地表を保護しており、雨滴が土を直接強くたたいて土壌粒子が跳ね上げられるのを防ぐ。一般の草地に比べて発達した土壌の団粒構造がよく水を吸収して土壌の分散を防ぐとともに、表面流出水を少なくし、その結果、土壌が水に流されにくい。また、地表を流れる水も落葉、下層植生、クヌギの幹の基部などで流速を減じ、土壌侵食を軽減すると考えられる。以上のことからクヌギ林地への放牧は森林の存在しない草地と比較しても土壌保全機能は高いと推察される。

また、放牧家畜は物質循環系に対して、「攪乱」要因として作用する一面を持っている。例えば、植物養分は平面的には植生にほぼ均一に分布しているが、放牧家畜に摂取されることによって、その大部分が糞・尿として放牧地に局部・集中的に還元される。そのため、地力の偏りと、還元された地点における植生に対して養分供給過剰状態が発生し、多雨地帯では余分の養分が地下浸透して損失する。また、植物から摂取した養分を家畜が糞と尿とに分けて排泄することによって、還元された地点は養分的にアンバランスな状態が発生する。例えば、糞が還元された地点は炭素やリンが多く、尿の場合は窒素、カリが過剰となる。クヌギ林内放牧は、根が深根性で横への広がり大きいクヌギを共存させることによって養分の損失を最少限にとどめ、さらにクヌギに吸収された養分が落葉によって地表面に均一に分布することによって、家畜の攪乱で局部・集中的、かつ養分的にアンバランスな土壌状態を緩和し、より閉鎖的物質循環系を構築することによって環境を保全するとともに、永続的土地利用が期待できる。

クヌギ林内放牧については、広島県畜産試験場、大分県畜産試験場などで検討が行われている。

本報告では、以下にクヌギ林内放牧地について、1) 温度および日射環境の特徴、2) 家畜の放牧に伴う土壌の物理性と保全機能の変化などについて、筆者らが調査・研究した結果を述べる。

3. 本報告における調査対象地の概要

1) クヌギ林地

宮崎県東臼杵郡椎葉村(北緯32度27分, 東経131度09分)不土野地区に存在するクヌギ林地を対照区として使用した。当地は標高680m~710mに位置し, 面積は約3haで, 上層植生は, 約5m間隔で植林された1994年10月の時点で樹齢約7年のクヌギ(*Quercus acutissima* Carruth)であり, 下層植生はススキが優占していた。

2) スギ林地

スギ林地は1986年に栽植(栽植密度1,200本/ha)されたもので, 日射量を測定した。

3) クヌギ林内放牧地A

調査に使用したクヌギ林内放牧地Aは椎葉村不土野地区の1983年に約5m間隔に植林されたクヌギ林地で, 標高約810m~830mに位置し, 面積は1.2haである。当地には1988年7月より放牧が開始され, 毎年5月下旬より10月下旬まで1~3頭の肉用黒毛和種繁殖牛が放牧されてきた。

4) クヌギ林内放牧地B

宮崎県東臼杵郡椎葉村大河内地区に存在するクヌギ林内放牧地Bは土壌物理性および透水性の調査に使用した。当地は標高約600mに位置し, 面積は約3haであった。当地の上層植生であるクヌギの栽植密度は約400本/haであった。当地は1983年に放牧を開始してから10年が経過しており, 6頭の肉用黒毛和種繁殖牛に

よる周年放牧が行われてきた。

5) 人工草地

調査に使用した人工草地は椎葉村不土野地区の標高900m~990mに位置し, 面積は約15haである。当地は, 野草地として存在していたものを1935~1942年に国の牧野改良事業が行われ, 戦前戦中は牛馬などの放牧に利用されていたが, 戦後は牛の放牧が行われた。1963~1965年にかけて再び15haの草地改良に伴って耕起され, その際に導入された牧草種はオーチャードグラス, トールフェスク, ケンタッキーブルーグラスおよびシロクローバであった。1990年に5haの草地改良が行われ, その際にオーチャードグラスおよびケンタッキーブルーグラスが再度播種された。放牧地の東側約1/3が広葉樹と針葉樹の混合林となっており, アカマツが放牧地を取り囲むように生育していた。

当草地には毎年4月下旬より11月下旬まで15頭前後の肉用黒毛和種繁殖牛が放牧されてきた。現在の主な植生は, トダシバ, スズメノヒエ, アオスゲ, イチゴツナギであった。

4. クヌギ林内放牧地の温度および日射環境の特徴

1) 方法:

気温はクヌギ林内放牧地に近接し, クヌギが生育していない場所(以下, クヌギ林外と称する)と, クヌギ林内放牧地A内で,

クヌギ樹冠直下の地点を選定し、各地点のそれぞれ地上約 1.5 m のところに温度センサー(熱電対)を設置して 10 分間隔で測定した。

クヌギ林内放牧地の日射量は、ブリード社製の日射計(日射計センサー SOLAR MINI PCM-01 型)を使用し、快晴日の 8, 10, 12, 14 および 16 時前後に測定した。

日射量は、クヌギ林内放牧地に隣接したスギ林地(1986 年に栽植, 栽植密度 1,200 本/ha)についても測定した。なお、各測定時間帯ごとに、クヌギ林およびスギ林によって遮光されていない地点で日射量を数回測定し、これらの値に対するクヌギ林内各区およびスギ林内の日射量の比を相対日射(%)とした。

2) クヌギ林外とクヌギ林内放牧地の気温の比較

図 1 には 1993 年 7-9 月のクヌギ林内(林内)とクヌギ林外(林外)の日平均気温、日最高気温および日最低気温の推移を示した。

日平均気温は、7 月から 8 月中旬にかけて、林内が林外よりやや高い日が多く、その後は両者間にほとんど差がみられなかった。

日最高気温は、7-9 月を通じて林内が林外より低い日が多かった。

日最低気温は、7-9 月を通じて林内が林外よりやや高い値を示した。

以上のように、林内放牧地は林外と比較して気温の日較差が小さく、温和な温度環境にあった。その理由として、この時期のクヌギ林内放牧地は樹冠が繁茂している状態にあり(表 1)、直射日光の

一部が葉にさえぎられるので気温は上昇しにくい。他方、クヌギ林内は大気流動がゆるやかであるとともに、樹冠の存在によって放射冷却が小さくなり、夜温の低下が小さかったと推定される。

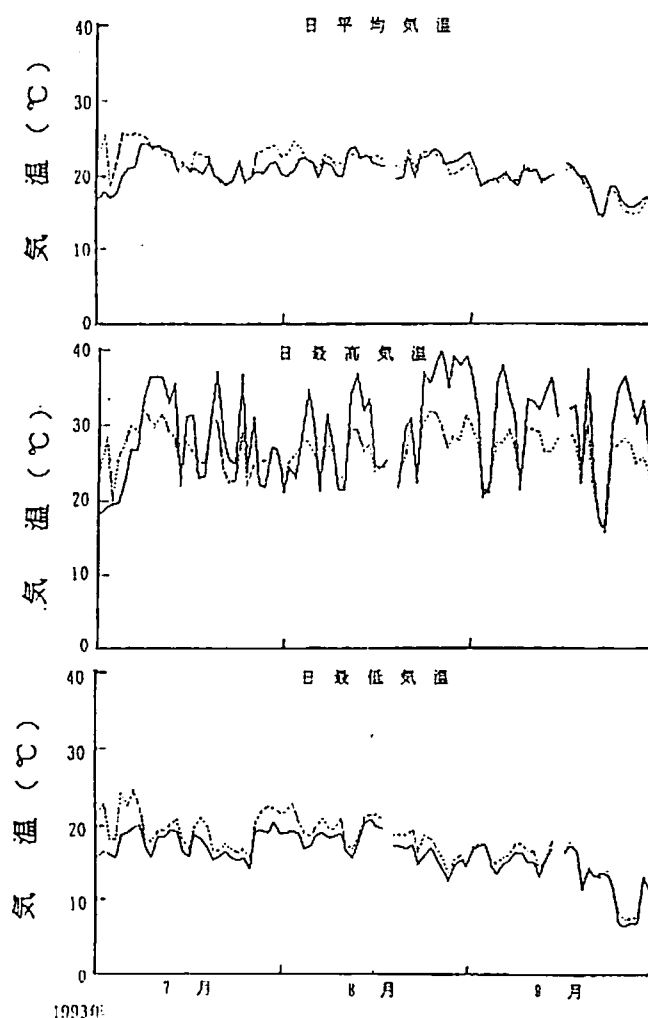


図 1. 1993 年 7~9 月のクヌギ林外と林内放牧地における日平均気温、日最高気温及び日最低気温の推移。注) ———; 林外, - - - - -; 林内

3)クヌギ林内放牧地とスギ林地との相対日射の比較：スギ林地およびクヌギ林内放牧地内でスギ林地とほぼ同等のクヌギ栽植密度の地点で測定した相対日射の推移を図2に示した。

スギ林地の相対日射は、12月に18.7%を示した以外は、10%前後で推移しており、このような日射条件下では、下層植生が極めて貧弱にならざるをえない。

クヌギ林内放牧地の相対日射は、1~4月は70-100%で推移し、その後低下したが20%以上を維持し、10月から再び高くなる傾向を示した。このようなクヌギ林内放牧地における相対日射の季節的変動には表1に示したクヌギの落葉そして萌芽、開葉が繰り返される樹冠状態の季節

的变化が密接に関係している。いずれにしても、クヌギ林内放牧地では、相対日射が20%以下に低下する時期はなく、落葉の季節には80%前後を示した。このように、クヌギ林内放牧地はスギ林地に比べて相対日射が年間を通して高く、下層植生に対する日射環境はスギ林地と比較してはるかに良好である。

以上のように、クヌギ林内放牧地の温度および日射環境は、下層植生の生長、放牧家畜の成長および行動にとって比較的好ましい条件を備えていると考えられた。

表 1. クヌギ林内放牧地におけるクヌギ樹冠の季節的変

調 査 日		クヌギ樹冠の状態
1992年	10月15日	落葉を開始
	11月12日	葉はほとんど褐色化
1993年	1月22日	葉は褐色化した状態で大部分が残存
	3月30日	大部分が落葉
	4月26日	萌芽開始。葉による遮光はほとんどなし
	5月24日	葉の大部分が開葉
	11月2日	落葉を開始

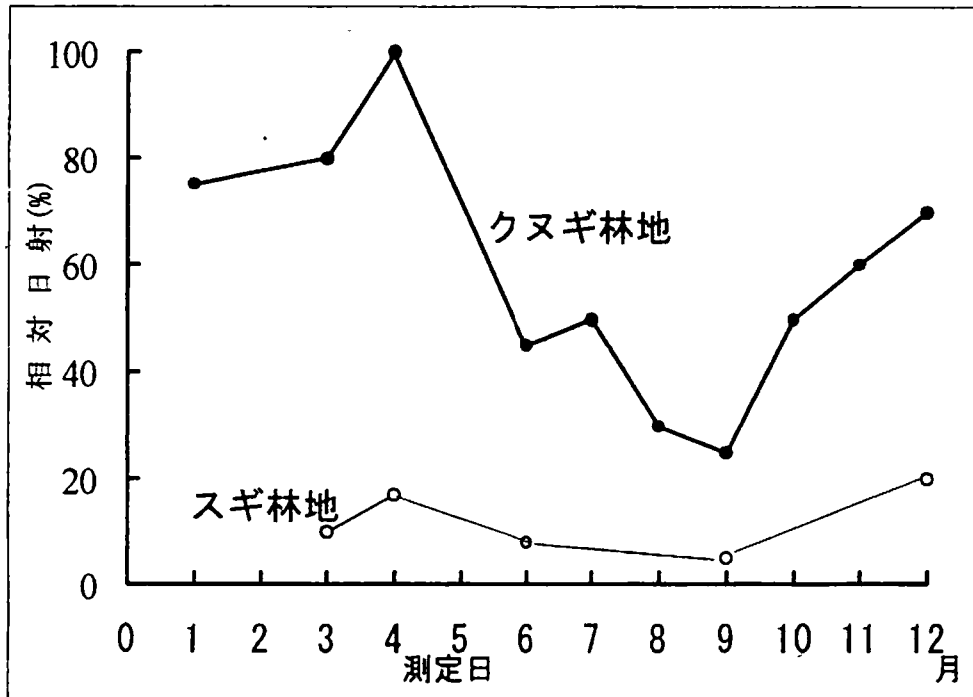


図2. スギ林地およびクヌギ林内放牧地における相対日射の推移.

5. 黒毛和種繁殖牛の放牧に伴う土壌物理性の変化

これまでの研究では、大家畜の放牧が土壌の理化学的性質に少なからず影響をおよぼすことが報告されており、クヌギ林内放牧地も例外ではないと考えられる。

ここでは、肉用黒毛和種繁殖牛の放牧に伴う土壌物理性の変化について比較・検討した。調査は先述したクヌギ林地クヌギ林内放牧地A、クヌギ林内放牧地Bおよび人工草地を対象として行った。

1) 方法

対象地の土壌は、1993年より1994年にかけて、対象地ごとに8カ所から100cc採土器を用いて無作為に0~5cm層および5~10cm層から採取した。

採取した土壌は、学内において土壌三

相分布(固相率, 液相率, 気相率)および仮比重(単位容積当たりの土壌の固相重量)を測定した。また、変水位透水試験を行って飽和透水係数を測定した(測定結果は0~5cm層および5~10cm層について、それぞれ表2および表3に示した)。

また、1994年8月2日~8月4日に各調査地より無作為に選定した4カ所において傾斜方向の長さ(水平距離)100cm×傾斜に直角な方向の長さ50cmの長方形区を設定し、散水式浸透試験を行って最終浸透能および浸透率を測定した

(表4)。

散水式浸透試験は所定の平面内に所定量の水を所定時間で散水し、表面を流出してきた水を散水面最下端で計量することによって土の表面の浸透能を求めようとするものである。

表2. 各調査地における0-5cm層の土壌物理性

調査地点	固相率 (%)	液相率 (%)	気相率 (%)	仮比重 (g/cm ³)	飽和透水係数 (cm/秒)	土壌硬度 (kg/cm ²)
クヌギ林地	15.7 (±1.38)	54.6 (±3.42)	29.7 (±3.68)	0.322 (±0.03)	0.0085	5.6 (±2.20)
クヌギ林間放牧地A	21.7 (±3.68)	63.3 (±7.60)	15.0 (±6.94)	0.457 (±0.08)	0.0029	8.5 (±1.92)
クヌギ林間放牧地B	27.9 (±4.54)	53.5 (±6.97)	18.6 (±6.14)	0.622 (±0.11)	0.0001	10.9 (±1.74)
人工草地	26.0 (±5.76)	63.5 (±4.68)	10.5 (±6.31)	0.621 (±0.17)	0.0003	13.7 (±2.30)

表3. 各調査地における5-10cm層の土壌物理性

調査地点	固相率 (%)	液相率 (%)	気相率 (%)	仮比重 (g/cm ³)	飽和透水係数 (cm/秒)	土壌硬度 (kg/cm ²)
クヌギ林地	16.8 (±2.68)	58.3 (±5.24)	24.9 (±6.88)	0.365 (±0.06)	0.0105	6.6 (±1.98)
クヌギ林間放牧地A	19.0 (±2.13)	69.9 (±6.38)	11.2 (±5.86)	0.429 (±0.05)	0.0014	7.6 (±1.36)
クヌギ林間放牧地B	21.9 (±3.82)	49.0 (±8.31)	29.1 (±10.9)	0.508 (±0.10)	0.0082	9.0 (±1.91)
人工草地	27.9 (±5.36)	65.7 (±4.28)	6.4 (±3.23)	0.682 (±0.17)	0.00003	11.6 (±3.25)

表4. 各測定地点における最終浸透能および浸透率

測定地点	最終浸透能(mm/時)	浸透率(%)
クヌギ林地	400	100
クヌギ林間放牧地A	338	97
クヌギ林間放牧地B	181	50
人工草地	202	63

2) 土壌物理性

本調査対象のクヌギ林地は過去の研究と同様に、表面土壌の浸透能および透水性がそれぞれ、400mm/時および0.0085cm/秒と高い値を示しており、水保全機能の高い林地であると考えられる。

一方、クヌギ林内放牧地AおよびBは、クヌギ林地と比較して固相率、仮比重が高く、家畜の放牧によって表面土壌が緊密化したと考えられる。固相率の上昇は土壌孔隙を減少させることになり、その結果として土壌の浸透能および透水性を低下させると考えられ、土壌の緊密化は雨水の浸透を妨げ、表面流出や土壌侵食の増大をもたらすと推察される。土壌の緊密化に伴う表土の通気、透水性の低下は、下層植生にも好ましくない影響を与える。

クヌギ林内放牧地Aは、クヌギ林内放牧地Bと比較して固相率、仮比重および土壌硬度の値は低く、飽和透水係数、最終浸透能および浸透率は高かった。単位面積当たりの放牧頭数はクヌギ林内放牧地Aが約2頭/ha前後で、年間4ヵ月程度の放牧期間であるのに対して、クヌギ林内放牧地Bでは3頭/haが周年放牧されていた。一般の草地でも年間の放牧期間が長いと放牧圧の蓄積により固相率が上昇し、相対的に浸透能および透水性が低下し、また、放牧強度が高い場合、土壌物理性および透水性を大きく変化させることが認められている。両者間の土壌物理性および透水性の違いは、面積当たりの放牧頭数や、年間の放牧期間など、放牧強度の違いによるものであろう。

他方、クヌギ林地、クヌギ林内放牧地

Aおよびクヌギ林内放牧地Bの間でみられた土壌物理性および透水性の違いは、0-5cm層と比較して5-10cm層では縮小し、5-10cm層の土壌物理性および透水性はクヌギ林地、クヌギ林内放牧地Aおよびクヌギ林内放牧地Bと、人工草地との間で差異が明瞭であった。人工草地の放牧頭数は1頭/ha前後で、放牧期間も4月下旬から10月下旬までであって、クヌギ林内放牧地Aとほぼ等しく、クヌギ林内放牧地Bよりも放牧強度は低い。クヌギ林内放牧地では、樹木を含まない人工草地と比較して土壌物理性および透水性におよぼす家畜の放牧の影響が、より深い土層に及びにくいように思われる。この点はクヌギ林内放牧の重要な特徴と考えられるので、さらに詳細な検討が必要であらう。

人工草地は土壌の緊密化に伴う、固相率と硬度の上昇、気相率の低下、透水性の低下が顕著であった。上述のように本人工草地の放牧強度は一般の放牧草地と比較してむしろ低いレベルにあり、人工草地とクヌギ林地、クヌギ林内放牧地との土壌物理性および透水性における差異には、樹木も含めた植生、生物相、落葉によるリター供給など蹄圧以外の幾つかの要因も関係しているように推察される。これらの要因を明らかにすることは、クヌギ林内放牧の意義を検証する上で重要である。

6. 黒毛和種繁殖牛の放牧に伴う表面流出および浸食土砂量の変化

林地における表面流出や土壌浸食は、降雨だけでなく様々な要因が関係しており、樹木および下層植生の存在もその要因の一つである。

ところでクヌギとの共存をはかりながら家畜生産を行うクヌギ林内放牧地は、先述のように一般の草地と比較して表面流出量や土壌浸食量が少ないと考えられる。

前述したように家畜の放牧はクヌギ林内放牧地の土壌物理性や透水性に影響をおよぼしており、土壌・水保全機能を低下させる可能性がある。

本報では、クヌギ林地、クヌギ林内放牧地Aおよび人工草地における表面流出水量と土壌浸食量を比較し、家畜の放牧が土壌・水保全機能におよぼす影響を明らかにしようとした。

1) 方法

調査地はクヌギ林地、クヌギ林内放牧地Aおよび人工草地で、各調査地内に1ヵ所ずつ表面流出水量と土壌浸食量測定のための流域を選定した。流域面積はクヌギ林地が2481.06 m² 最大勾配23.4° 最少勾配17.0° 流域平均勾配20.2°、クヌギ林内放牧地Aが1622.41 m²、最大勾配19.5° 最少勾配14.0° 流域平均勾配16.8°、人工草地は、表面流出水量が多かったため、流域面積を2.10 m²と、狭くせざるを得なかった。人工草地は表面流出測定用の流域面積が狭かったため、土壌

浸食量測定のために、1000 m²程度の流域を別途2ヵ所設定し、浸食土砂量を測定した。

クヌギ林地の流域の集水地点には、100リットル容器(60cm×40cm×45cm)を設置した。そして、長さ10～15mの波板を集水地点から左右に取付け、流域内で流出する全ての表面流出水と流出土砂を採取できるようにした。

クヌギ林内放牧地Aの流域の集水地点には、100リットル容器に30°の三角堰を作り、同容器側面に直径20cm、高さ100cmの円筒容器を連結させ、フロート式自記水位計を設置して表面流出水量を測定した。また、三角堰から溢れ出た表面流出水に含まれる土砂を採取するために導水管とろ紙を張った箱を設置した。クヌギ林内放牧地Aでは、表面流出水量をフロート式自記水位計を用いて測定していたため、表面流出量は水位流量曲線式($Q = -0.5255 + 3.4362 H + 0.0958 H^2$; Q :流量(ml/分), H :水位(mm))を用いて算出した。

人工草地の流域の集水地点には、200リットル容器(80cm×50cm×50cm)を設置した。

表面流出水量は、1993年9月28日～1994年9月27日に約1ヵ月間隔で測定した。

流出土砂量は、各測定地点において測定容器の底に沈殿、あるいは表面流出水と混ざった土砂を約1ヵ月間隔で回収して測定した。

降雨量はクヌギ林内放牧地Aに転倒ます型雨量計を設置して測定・記録した。

2) 結果

表 5 には各期間の降雨量, 各測定地点における表面流出水量(単位面積当たりの表面流出水量), 流出率(各期間の流出量を各期間の降雨量で除した値)および測定期間中の表面流出量の合計値を示した。

1 年間の降雨量は 2,143mm で, クヌギ林地ではほとんど表面流出が認められず, クヌギ林内放牧地 A でも降雨量のわずかに 0.04%が表面流出したにすぎなかった。他方, 人工草地では降雨の 18%が流出し, クヌギ林地およびクヌギ林内放牧地 A と人工草地との間には表面流出量および流出率に顕著な違いがみられた。

表 6 には各測定地点における各期間の流出土砂量(単位面積当たりの流出土砂量, 以下比土砂量と称する)および測定期間中の比土砂量の合計値を示した。

1 年間を合計した比土砂量は, クヌギ林地ではわずかに 0.01g であり, 林内放牧地では, これよりやや高く 1.2g の土砂流出がみられる。他方, 人工草地では第 1 測定地点が 152g と高い値を示し, 他の 2 地点もそれぞれ, 林内放牧地の 10 倍以上の値を示した。

林地は, 樹木により降雨を遮断し, 落葉や下層植生により地表を保護し, また, 林地の土壌は土壌孔隙が高く, それに伴って浸透能および透水性が高いといわれている。本調査のクヌギ林地も表面流出水量および流出率が極めて少なく, 水保全機能の高い林地であると考えられる。

クヌギ林内放牧地 A における表面流出水量および流出率はクヌギ林地よりも高かった。先に述べたように, クヌギ林地

とクヌギ林内放牧地 A における 0~5cm 層の土壌物理性, 水の浸透能および透水性には明らかな差異がみられたことから, 家畜の放牧による土壌物理性の変化が水の浸透能および透水性に影響をおよぼした結果, 表面流出水量に差異があらわれたと推察される。

しかし, クヌギ林内放牧地 A における表面流出水量は少なく, 流出率は低いことから, 現時点でのクヌギ林内放牧地 A は水保全機能上特に問題はないが, さらに今後の推移を調査する必要がある。

人工草地における表面流出水量および流出率は, クヌギ林地およびクヌギ林内放牧地 A よりも顕著に高かった。人工草地はクヌギ林地およびクヌギ林内放牧地 A と比較して, 土壌の緊密化とそれに伴う水の浸透能および透水性の低下が顕著であり, その傾向がより深い土層まで及んでいた。このような土壌の物理的変化が人工草地における表面流出水量を多くし, 流出率が高かった一因であろう。さらに, 人工草地は, 樹木が庇陰林以外に存在せず, 牛の採食行動により草丈の短い植生となっており, 降雨が直接地表に到達する。そのため, 傾斜地に存在する草地土壌の浸透能および透水性の低下は, 急激な表面流出水量の増大を引き起こすと考えられる。他方, 森林地では, 樹木の枝・葉が降雨を遮断, あるいは降雨強度を弱める働きを持つために地表が降雨に直接さらされることは少ない。特に樹木による降雨の遮断量は, 全降雨量の約 27%に達すると報告されている。人工草地ではクヌギ林のように樹木の枝・葉による降雨の遮断がなく, 降雨が直接地表に到達

表5. 降雨量とクヌギ林地、クヌギ林内放牧地および人工草地の表面流出水量と流出率

項目	測定地	測定期間 (月/日)										
		1993					1994					年間
		9/28- 11/2	11/3- 11/18	11/19- 12/3	12/4- 3/29	3/30- 4/27	4/28- 5/25	5/26- 7/4	7/5- 8/2	8/3- 9/1	9/2- 9/27	
降水量 (mm)		217.5	55.0	98.0	516.0	362.0	124.5	545.5	0.0	224.0	11.0	2142.5
流出量 (mm)	クヌギ林地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03
	林内放牧地	0.02	0.01	0.09	0.08	0.15	0.04	0.11	0.00	0.40	0.00	0.90
	人工草地	11.9	11.9	21.9	95.2	35.7	95.2	95.2	0.00	22.1	0.00	389.3
流出率 (%)	クヌギ林地	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	林内放牧地	0.01	0.02	0.09	0.02	0.04	0.03	0.02	0.00	0.18	0.01	0.04
	人工草地	5.5	21.6	22.4	18.5	9.9	76.5	17.5	0.00	9.89	0.00	18.2

表6. クヌギ林地、クヌギ林内放牧地および人工草地の比土砂量 (g/m²)

測定地		測定期間 (月/日)										
		1993					1994					年間
		9/28- 11/2	11/3- 11/18	11/19- 12/3	12/4- 3/29	3/30- 4/27	4/28- 5/25	5/26- 7/4	7/5- 8/2	8/3- 9/1	9/2- 9/27	
クヌギ林地		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
林内放牧地		0.01	0.01	0.14	0.23	0.35	0.12	0.30	0.00	0.08	0.00	1.24
人工草地	NO.1	1.29	2.38	2.67	99.64	1.95	17.51	18.31	0.00	0.00	7.76	151.52
	NO.2	0.29	0.00	0.00	5.20	2.92	0.44	4.81	0.00	0.00	0.00	13.67
	NO.3	0.17	0.00	0.00	3.75	14.01	0.46	5.69	0.00	0.00	0.00	24.08

することも表面流出水量を多くしているであろう。

次に、比土砂量はクヌギ林地と比較して、クヌギ林内放牧地Aが高い値を示した。土壌浸食は、降雨後の表面流出水が土壌粒子を運搬することによって引き起こされるので、クヌギ林内放牧地Aで比土砂量が高かったのは、家畜の放牧に伴う土壌物理性の悪化が表面流出水を増加させたことによると推察される。また、土壌浸食量は地表を保護する下層植生やリターなどの存在によってかなり抑制される。クヌギ林内放牧地Aでは、一部に牛道が形成されており、その個所は裸地化していた。このことも比土砂量を多くした一因であろう。しかし、クヌギ林内放牧地Aにおける年間の比土砂量は $1.25\text{g}/\text{m}^2$ と少ないので、現時点におけるクヌギ林内放牧地Aの土壌保全機能には、特に問題はないと推察される。

人工草地における比土砂量は、クヌギ林地およびクヌギ林内放牧地Aよりも極めて高かった。

人工草地では、放牧地内の一部、特に裸地化した個所で冬期に土壌の凍結と融解が繰り返されることにより土壌が植物根から遊離してえぐり取られ、流出しやすい土壌の集積が観察された。人工草地は、このことと先述の表面流出が多かったことも併せて土壌浸食量が多かったのであろう。土壌の凍結は、本草地の透水性が低く土壌水分が高い（液相率が高い）ことも関係しているのであろう。

耕起造成後約30年を経過した本人工草地は、降雨量の約20%程度におよぶ表面流出水の発生と一部で激しい土壌浸食

がみられ、水および土壌保全上重大な問題を提起していた。このような現象（草地化に伴う土壌物理性や透水性の変化と、それに伴う表面流出量や浸食土砂量の増大）に関係する諸要因については、今後の検討が必要である。

7. まとめ

本報告は、九州の中山間地帯のように、多雨気候下での、畜産的土地利用形態としてのクヌギ林内放牧について、温度、日射、土壌・水保全機能の面から、その特徴を捉えようとした。

クヌギ林内放牧地は、クヌギ林外に比べて気温の日較差の小さい日が多く、特に両者の気温がともに高い4月上旬から10月中旬にこの傾向が顕著にみられ、温和な条件下にあった。

過去において林内放牧地として利用されたスギ、ヒノキ、アカマツ林地等の常緑樹林地は、樹木の生長にともなって遮光される程度が高くなるため、下層植生も貧弱な状態となり、林地の利用期間も短くならざるを得なかったが、クヌギ林内放牧地は、クヌギの樹齢が10年前後に達しても林内への光透過が良好であった。

このように、クヌギ林地内は下層植生の生長や放牧家畜にとって、比較的好ましい温度および日射環境にあると推察された。

土壌物理性および土壌浸食の調査を行った椎葉村のクヌギ林内放牧地Aでは、放牧を行ったことのないクヌギ林地に比べて土壌が緊密化し、浸透能および透水

性が低下していたが、表面流出水量および比土砂量は極めて小さかった。ほぼ同等の放牧強度で管理された人工草地との表面流出水量および比土砂量の比較によれば、クヌギ林内放牧地が樹木を皆伐した人工草地よりも土壌・水保全機能の高い放牧地であると考えられた。

しかし、放牧強度が高く、休閑期間を含まずに家畜を放牧したクヌギ林内放牧地Bでは、短期間で土壌の緊密化、浸透能および透水性が低下することが認められた。このことは、放牧条件によってクヌギ林内放牧地でも隣接する人工草地と同様に水および土壌保全機能が顕著に低下することを示している。従って、林内放牧地では以下の諸点を十分に配慮することが必要であると考えられた。

まず、クヌギ林内放牧地においても適度な放牧強度を保つ必要がある。放牧強度が高いと、土壌の緊密化とともに、牛道

を多く形成し、裸地の発生・拡大を招き、土壌・水保全機能を低下させる。

また、クヌギ林内放牧地がクヌギ栽植当初のままで密度が維持されると、年数の経過に伴う樹木の生長により光透過が低下して下層植生が貧弱となり、土壌・水保全機能が低下する。そのため、クヌギの生長とともに枝打ち、間伐を励行して光透過を良好に保ち、下層植生の生長を抑制しないようにすることが、土壌・水保全機能を維持する上からも重要である。

本報告では、シイタケ生産との結合からクヌギ林を対象としたが、クヌギ林に限らず、様々な落葉樹林地について、「環境調和型」としての林内放牧の可能性を調査・研究することが望まれる。

引用文献省略

インフォメーション

農業博物館では、平成8年度の特別企画を「環境と調和した農業」として、4月の科学技術週間から来春の3月まで一般公開しています。

展示の内容は、人と農村景観の関わりについて「農村環境を考える」、水田稲作と畜産とを結合させた、「合鴨水稲同時作：自然回帰の現代農法」、牧柵以外に施設・機械を必要とせず、濃厚飼料や肥料への依存度も低い家畜生産を考える「環境保全と“クヌギ林内放牧”」の三つの分野からなり、いずれもパネルにより展示しています。

農業博物館ニュース第18号は特別企画展示の資料集・増刊号としてお届けいたします。これらの資料は、それぞれの分野の展示を担当して頂きました諸先生方に、研究成果および貴重なデータ等を多数搭載して執筆して頂きました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

また、農業博物館は、昨年度から館内の展示、収蔵および教材作製等の博物館の有効な活用を計るため運営委員を中心に色々と模索をしています。しかし、来年度の特別展示のテーマをはじめ、まだ課題は山積しています。これからも皆様方のご協力並びにご指導ご鞭撻をお願い申し上げます。

(農業博物館ニュース編集委員会)

----- 利用案内 Museum Information -----

開館 9時～16時

HOURS : 9:00 ~ 16:00

休館 土曜・日曜・祝日・年末年始

CLOSED on Saturdays, Sundays, National
Holidays and special days when university
offices are closed.

入館料 無料 (20人以上はご連絡下さい)

ADOMISSION FREE : Please inform the museum before-
hand when a party of twenty or more is expects.

宮崎大学農学部農業博物館

〒889-21 宮崎市学園木花台西1-1

Tel 0985-58-2811 Fax 0985-58-2884

AGRICULTURAL MUSEUM

FACULTY of AGRICULTURE • MIYAZAKI UNIVERSITY

MIYAZAKI SHI, 889-21 JAPAN

平成7年3月31日(1995)