

## Establishment of Zoysia Pasture in Abandoned Agricultural Lands

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): Zoysia japonica Steud., Abandoned agricultural lands, Grazing, Groundwater level, Shading, Terraced paddy fields, Litter, Pteridium aquilinum L. 作成者: 大谷, 一郎 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24514/00001668">https://doi.org/10.24514/00001668</a>

# 遊休農林地の立地環境に適合したシバ草地造成法

大谷一郎

**Key words** : *Zoysia japonica* Steud., Abandoned agricultural lands, Grazing, Groundwater level, Shading, Terraced paddy fields, Litter, *Pteridium aquilinum* L.

## 目 次

I 緒 言	1	IV シバを導入した遊休農林地の植生の変化	21
1 我が国における遊休農林地及びシバ草地造成研究の現状	1	1 シバを導入した耕作放棄棚田の植生及び土壌環境の変化	21
2 本研究の目的と内容	3	2 落葉広葉樹林林床へのシバの定着に及ぼす立木による庇蔭の影響	27
II シバの生育に及ぼす立地環境の影響	4	3 除草剤散布法及び刈払い法を用いたワラビ優占草地へのシバ導入法の検討	31
1 地下水位, 日射条件及び斜面の方位・傾斜角度がシバの生育に及ぼす影響	4	V 総合考察	35
2 シバの生育に及ぼす林床リター量の影響	8	謝 辞	38
III シバ植生の拡大に及ぼす管理方法の影響	12	引用文献	38
1 シバ草地化の速度に及ぼす寒地型牧草の播種の影響	12	Summary	43
2 シバ草地化に及ぼす導入後の放牧管理の影響	17		

## I 緒 言

### 1 我が国における遊休農林地及びシバ草地造成研究の現状

#### 1) 研究の背景

近年, 世界的に穀物需要が増加している. この背景には石油に代わる燃料としてトウモロコシ等の農産物を原料とするバイオ燃料の生産が増加していることが挙げられる<sup>20)</sup>. 穀物需要は飼料用を中心に依然として高く<sup>101)</sup>, 世界の人口が増加している状況から, 今後さらに需要が増加し, 需給が逼迫する可能性がある.

我が国の畜産業に目を向けると, 肉牛生産はこれまで安価な輸入飼料に強く依存してきた. しかしながら, 穀物需要の逼迫にともなう輸入飼料の価格の

上昇や消費者の安全・安心な牛肉への影響から, 輸入飼料に依存せず, 国内の飼料資源を活用した牛肉生産への期待が高まっている. これに応じて, 水田に牧草を導入し, 放牧利用することによる自給飼料活用型畜産を行う農家もみられる<sup>97)</sup>.

一方, 中山間地域においては, 過疎化及び農業就業者の高齢化が急速に進行している<sup>55)</sup>. 農林業では耕作放棄地や不作付け地が増加しており, 2005年には耕作放棄地率(経営耕地面積と耕作放棄地を加えた面積で耕作放棄地面積を除いた値)が10.1%に高まっている<sup>101)</sup>. 林地もこれまで除間伐の管理が十分に行われず, 林内が暗いため下草が少なく, エロージョンが進行するといった問題が生じている<sup>26)</sup>. 耕作放棄や不作付けは, 集落から遠く, 傾斜や日照などの条件が不良で区画が小さい棚田等から進む傾向がある<sup>23)</sup>. このような未利用あるいは管理が放棄

(平成20年5月30日受付, 平成20年9月19日受理)

カバー Klopp 研究近中四サブチーム

された遊休農林地を放置することは、地域の農林業のさらなる衰退につながるほか、土地及び水保全機能の低下といった問題や<sup>55)</sup>、イノシシ等による獣害の頻発により農業の維持を危うくさせる<sup>40)</sup>。これらの遊休農林地を有効活用するための方策として、飼料生産体系が提案されているほか<sup>73)</sup>、草地に転換し、放牧利用する試みが一部の地域で行われている<sup>74, 85)</sup>。

寒地型牧草の草地を暖地に造成したとき、盛夏期の高温と乾燥が牧草の生育を阻害するため<sup>59)</sup>、植生の悪化が早期に進行しやすい。一方、我が国には永年にわたって維持され、放牧利用されてきたシバ (*Zoysia japonica* Steud.) 草地が存在する<sup>86)</sup>。シバは気候、土壤環境に対する適応性が広く、適切な管理を行えば永続的に植生の維持が可能である<sup>21)</sup>。また、傾斜地に立地し機械の導入が困難な場所でもシバを導入することで放牧利用ができる。シバ草地は、寒地型牧草地と比較すると年間の利用期間が短く、シバの消化性が低いものの、肉用繁殖牛の維持に要する養分量をほぼ満たしており、妊娠末期や授乳中を除く肉用繁殖牛の飼料として適しているといわれている<sup>44)</sup>。さらに、シバ草地は無施肥でも維持でき、省力的かつ低投入な管理が可能であり、景観も優れている<sup>90)</sup>。

そこで、遊休農林地にシバを導入し、肉用繁殖牛の放牧に活用すれば、これまで有効に利用されていなかった粗飼料資源の活用による肉用牛生産が可能になり、中山間地域の環境保全にも役立つと考えられる。これは畜産物生産に利用する穀物の多くを輸入に頼っている我が国において自給飼料資源の有効活用による肉牛生産方策になる。

しかしながら、中山間地域の遊休農林地は、立地環境や植生が多様であり、シバを導入するためには、シバの生育に及ぼす立地環境及び管理方法の影響を明らかにし、導入地の条件に適した方法でシバ草地化を図る必要がある。なお、ここでいうシバ草地化は、シバとそれ以外の草本類が混在しつつ、シバの優占度が高まり、次第にシバが優占種である草地が形成されることを意味している。

## 2) 既往の関連成果

これまでシバ草地の造成に関して実施された研究をシバの導入方法と立地環境及び管理方法がシバ草

地化に及ぼす影響に分けて整理した。

### (1) シバの導入方法

種子による造成法として、松村ら<sup>45)</sup>は、播種によるシバ草地造成における播種期と施肥の影響について検討し、夏季の高温が生育に適するため、早期に播種し、適量施肥が必要であるとした。大口ら<sup>65)</sup>は、傾斜地において簡易耕起し、播種後山羊を強放牧することにより、1年5ヶ月でシバが50%を占有し、3年後には全面を占有したと報告している。

一方、苗による造成に関しては、各種の方法が検討されており、大槻ら<sup>69)</sup>は、斜面に5~10cm幅のシバの切片を条植する方法で植栽を行い、施肥、掃除刈り、強放牧を行うことにより、3年後には被度が90%以上になったと報告している。高知県農林技術会議<sup>100)</sup>では、挿し苗法により造成したところ、移植後3、4年でシバの被度が50~90%に達したとしている。川原ら<sup>32)</sup>、佐竹・福住<sup>70)</sup>、篠原・西岡<sup>75, 76)</sup>、篠原ら<sup>77)</sup>は、栄養茎を挿し苗または種子を播種し、ペーパーポットで育苗した後、移植することにより、シバ草地の短期造成が可能であることを示した。

さらに、シバ草地に放牧している放牧牛の牛糞中に含まれるシバ種子による種子散布の利用に関して研究がなされている。三田村ら<sup>48)</sup>は、シバ及びシバスケが優占する草地に成牛1~0.3頭/haの放牧頭数で放牧された成牛から排泄された牛糞乾物100g中には平均5,934粒と多量のシバ種子が含まれており、稔実割合も67%と高く、排糞を利用してシバ型草地を造成することが可能であるとした。高橋ら<sup>84)</sup>は、不食過繁地では多くのシバ種子が生産され、放牧牛の排糞により散布されることにより、シバ植生の拡大に貢献していることを示唆した。

導入法ではシバの初期生育に及ぼす影響を比較した研究が行われており、北原ら<sup>34)</sup>は、播種法、播きシバ法、植えシバ法、張りシバ法について造成速度を比較している。播きシバ法及び植えシバ法は植付け初期から伸長が旺盛であるのに対して、播種法及び張りシバ法では被度の推移がS字状曲線を描き、造成速度からみると播種法は初期生育が悪く、播きシバ法が最も良好であるため、機械が導入できる平坦地では播きシバ法がよく、傾斜地では植えシ

バ法が無難であるとした。

## (2) 立地環境及び管理方法がシバ草地化に及ぼす影響

放牧管理とシバ草地への遷移との関係について、小山<sup>39)</sup>は、寒地型牧草地を少量施肥条件下で強放牧を行うと土壤中の窒素量が少なく、糞尿還元量の少ない場所からシバが侵入し、シバ型草地に移行したと報告している。山本ら<sup>94,95,96)</sup>は、ススキ型草地が放牧によりシバ型草地へ遷移する速さを検討し、シバは主として放牧圧に依存して優占度を高めたと報告している。小迫ら<sup>38)</sup>は、シバ草地造成時の放牧強度の影響について検討し、シバ草地を造成するには強度の放牧圧での連続放牧が必要であるとした。

シバ造成と立地環境に関する研究として、三田村ら<sup>49)</sup>は、シバ実生の成長に及ぼす温度の影響について検討し、シバの成長は昼温29℃、夜温24℃で良好であり、温度の低下とともに減少することから、播種法によるシバ造成では夏までに発芽、定着させ、高温期に分げつ及びほふく茎を伸長させることが望ましいことを示した。また、シバ造成時の土壤硬度、土壤改良資材、肥料の影響について検討し、シバの幼植物の成長は土壤硬度に影響されず、土壤改良資材や肥料を施用すると他草種が繁茂し、初期生育の遅いシバ幼植物が抑圧されるため、著しく貧栄養的土壤環境でない限り、土壤改良資材や肥料を施用する必要がないと結論している<sup>50)</sup>。鎌田<sup>28)</sup>もシバ型草地造成時に窒素の施用量が増加すると、雑草の優占度が増加し、シバの優占度が低下するため、造成当初は施肥をしないほうがよいとした。

林地におけるシバ造成に関する研究として、三田村ら<sup>51)</sup>は、落葉広葉樹林伐採跡のミヤコザサ群落の攪乱方法と散布した牛糞に混入したシバ種子の定着及び植生遷移に及ぼす影響について検討し、ササ型草地からシバ型草地を造成するには、物理的あるいは家畜により攪乱して二次遷移系列に出現するヒメジョオンが侵入してからシバを播種し、定着期は禁放し、その後無施肥で放牧利用することが必要であると報告している。また、三田村ら<sup>53)</sup>は、落葉広葉樹伐採跡地において、シバとオーチャードグラスの混生草地を造成する方法について検討した。シ

バの定着及び成長は裸地、無施肥条件下で良好であり、シバとオーチャードグラスの混生草地を造成するにはリターを部分的に除去して、無施肥で両草種を秋播きすることが有効であると報告している。さらに、小川ら<sup>61, 62)</sup>は、この混生草地について施肥量と植生の変化との関係について検討し、播種翌年から無施肥で放牧利用を続けると2年目以降約120AUD/ha (Animal unit day, 体重500kg換算)の牧養力が得られ、3年目にシバとオーチャードグラスの混生草地が成立すると報告している。福田ら<sup>9)</sup>は、アカマツ林伐採跡地のリター層の除去と踏圧がシバ等の発芽に及ぼす影響について検討し、播種前のリター層除去及び播種後の踏圧はシバ等の種子の出芽を促進したと報告している。

さらに、傾斜地でのシバの生育に関しては、庄司<sup>81)</sup>は、斜面の傾斜度が高まるにつれてほふく茎は上方から下方に伸長するものが増えると報告している。また、加納ら<sup>30)</sup>は、シバ型草地は、緩傾斜地に多く、方位は南東から南西向きの斜面に多く分布していたと報告している。

## 2 本研究の目的と内容

本研究では、中山間地域の遊休農林地のなかで、棚田跡地、落葉広葉樹林及びワラビの優占地を研究対象地として取り上げた。放棄された棚田は、畦畔法面の崩壊が進み、旧田面はヨシ、ススキ等が密生して荒廃景観を呈している<sup>22)</sup>。落葉広葉樹林は、山間の棚田や畑に隣接していることが多く、これまで薪炭林等として利用されてきたが管理や利用の放棄が増加している<sup>5, 24)</sup>。ワラビは、放牧牛が多量に採食すると中毒を起こす有毒草であり、野草地において広く分布し、草地の生産力を低下させる要因になっている<sup>78)</sup>。これらの場所をシバ草地に転換するに当たって問題となる立地環境やその後の管理方法について、シバの生育ならびにシバ植生の優占化への影響を検討し、実際場面において、シバ草地へ転換する方法を実証、検討し、経年的な植生の変化を調査した。なお、本研究ではシバの導入法として張りシバ法及びペーパーポット苗の移植を用いた。その理由としては、両方法は斜面における定着が比較的優れており、また、既存植生との競合条件下における生育が良好であるためである。播種法は種子が

高価であるとともに<sup>48)</sup>、初期生育が遅く、既存植生との共存条件では競合に弱いこと<sup>50)</sup>、撒きシバ法は機械が導入できる場所でないと利用が難しいこと<sup>34)</sup>、牛糞に混入したシバ種子の利用はシバが部分的に定着した場所からの広がりには有効であるが、シバ草地の造成に必要な量を入手することが困難であること<sup>34)</sup>から本研究では見送った。

「Ⅱ シバの生育に及ぼす立地環境の影響」では、棚田跡地で問題になると考えられる地下水位の高さ、林床への導入で問題になる庇蔭割合、傾斜地への導入に際して影響があると考えられる斜面の方位・傾斜角度の影響及び林床にシバを導入する場合に想定される地表面のリター量の影響について明らかにした。

「Ⅲ シバ植生の拡大に及ぼす管理方法の影響」では、植生の現存量が少ない場所を放牧を続けながらシバ草地化することを想定し、造成初期の放牧牛の飼料不足を補うため、シバ苗の植付け時に寒地型牧草も同時に播種し、牧草を先行して定着・繁茂させ、その後徐々にシバを定着・繁茂させる方法を検討した。続いて、シバ苗移植後の管理として放牧がシバ植生の優占化に及ぼす影響について、刈取管理との比較において明らかにした。

「Ⅳ シバを導入した遊休農林地の植生の変化」では、上記で得られた知見を活かしながら耕作放棄棚田、間伐した落葉広葉樹林の林床及びワラビ優占地にシバを導入し、放牧管理を行いつつ、シバ定着域の拡大の推移について調査を行い、各条件におけるシバの導入法について考察を行った。

最後に、「Ⅴ 総合討論」では得られた結果をとりまとめて総合考察を行った。

## Ⅱ シバの生育に及ぼす立地環境の影響

### 1 地下水位、日射条件及び斜面の方位・傾斜角度がシバの生育に及ぼす影響

耕作放棄棚田にシバを導入して放牧地として利用するには土壌の過湿がシバの生育を阻害する要因になると考えられる。休耕中の棚田は、上位の地点は湿田的になり、下位は乾田的になるとの報告<sup>3)</sup>がある。また、斜面に立地する落葉広葉樹林では、斜面の崩壊を防ぐ観点から、樹木の皆伐は避けて間伐

して明るくなった林床にシバを導入することが望ましい。シバは庇蔭に弱いといわれていることから<sup>19)</sup>、シバの生育に必要な日射の強度を明らかにする必要がある。さらに谷間では、日照時間が短いことも考慮する必要がある。シバは系統により、耐寒性に差異があることが報告されているが<sup>33)</sup>、これまで過湿土壌や庇蔭条件下での生育について、シバの系統間差を含めて取り上げた報告例はほとんど見当たらない。

一方、傾斜地にシバを導入する場合には、斜面の方位や傾斜角度によって日射条件が異なり、地温や土壌の理化学的性質にも違いが生じる可能性があることから<sup>8)・82)</sup>、シバの生育もこれらの影響が強及ぶことが予想される。

そこで本節では、地下水位及び日射条件の違いがシバの生育に及ぼす影響を系統間差を含めて明らかにするとともに、生育する斜面の方位及び傾斜角度がシバの生育に及ぼす影響を検討した。

#### 1) 材料及び方法

##### (1) 試験1 地下水位試験

試験は中国農業試験場畜産部（現近畿中国四国農業研究センター大田研究拠点、島根県大田市）で実施した。1995年4月4日に赤黄色土と黒ボク土を約6mm目のふるいにかけて後、内径13.3cm、長さ25cmの塩化ビニール製ポットに充填した。各ポットには中国地域に自生するシバ3系統（採集地は、島根県隠岐郡西ノ島町、同県同郡隠岐の島町、山口県長門市の3カ所）のほふく茎（2節分）を2本ずつ移植しガラス室で生育させた。地下水位処理は、土壌面から3、10、20cmの高さに地下水位を維持する3処理とし、5反復で配置した。全処理区とも基肥として、土壌の充填時にポット当たり複合肥料（N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=15:15:15）1.8g、苦土石灰2.0gを土壌全層に混合した。地下水位処理は、4月5日から7月18日までの104日間、各水位になるよう水道水で満たした1/2,000aのワグネルポットの中に上記の移植ポットを入れて行った。

土壌の通気性の良否を判断するため、7月6日（処理92日後）に深さ3cmの土壌の酸素拡散速度（ODR）を測定した。また、地下水位処理にともなう土壌の化学性の変化を把握するため、7月17日

(処理103日後)には深さ5 cmまでの土壌の一部を採取し、風乾した後、全窒素及び全炭素含有率をN-Cアナライザー(住友化学社製, sumigraph NC-80AUTO)で、pHをpHメーターで測定した。7月18日にはポットで生育するシバの根を水洗し、地上部を直立茎、ほふく茎及び枯死部に分け、ほふく茎長を測定した後、70℃で乾燥して乾物重を測定した。

## (2) 試験2 庇蔭試験

1996年4月25日に、赤黄色土を1/5,000 a ワグネルポットに充填し、各ポットにシバ3系統(採集地は、島根県隠岐郡西ノ島町、山口県長門市、同県下関市の3カ所)及びパーミューダグラス(*Cynodon dactylon* (L.) Pers., 品種不明)の苗を2個体ずつ移植した。パーミューダグラスは、シバの庇蔭条件に対する反応を他の暖地型のシバ型草種と比較することで草種としての特性を明らかにするために用いた。苗の育成は、土壌を充填したペーパーポットで行い、パーミューダグラスは3月15日に播種し、シバは4月5日にほふく茎(1節分)を移植し、ガラス室内で生育させた。庇蔭処理は、2重にした防虫網でポットを覆う強庇蔭区、1重の防虫網で覆う弱庇蔭区、ポットの東西面に高さ39cm、幅19cm、厚さ10cmの衝立を置く朝夕庇蔭区及び無庇蔭区の4処理区とし、5反復で配置した。群落相対照度計を用いて測定した相対照度は、強庇蔭区が26.4%、弱庇蔭区は37.2%であった。全処理区とも基肥として、土壌の充填時にポット当たり化成肥料(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=15:15:15)2.4g、苦土石灰2.8gを全層に混合した。庇蔭処理は、4月26日から89日間実施した。なお、パーミューダグラスは、6月3、17日及び7月5日に地上3cmで刈取りを行った。

7月23日に全処理区とも根を掘り起こし水洗し、地上部とともに70℃で乾燥して乾物重を測定した。

## (3) 試験3 斜面試験

1995年3月20日に、赤黄色土を38×26cm、高さ16cmのコンテナに充填し、各コンテナに5×5cmの市販のシバのソッド(品種は不明)を2枚ずつ移植した。コンテナの側面下部には水抜き用の穴を開けた。処理は、コンテナの短辺の方位4(北、南、東、西)と傾斜角度2水準(強:27°, 弱:15°)を組み合わ

せた8処理、それにコンテナを水平に置いた対照区を加えた9処理区とし、5反復の乱塊法で配置した。全処理区とも基肥として、土壌の充填時にコンテナ当たり化成肥料(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=15:15:15)6.0g、苦土石灰9.0gを全層に混合した。傾斜処理は、シバ移植直後の3月20日から8月9日まで142日間行った。なお、全処理区とも6月22日(処理94日後)、7月7日(処理109日後)に地上2cmで刈取った。

7月12日にはソッドから発生しているほふく茎の本数を調査するとともに、8月9日には根を掘り起こし水洗し、地上部とともに70℃で乾燥して乾物重を測定した。また、各方位の強傾斜区及び対照区では、コンテナの中央部の深さ7cmの地温を4月5日~9日及び7月24日~28日に2時間間隔で測定した。試験期間中、コンテナは屋外に置いた。

## 2) 結果

### (1) 試験1 地下水位試験

地下水位処理終了前日の土壌のpH、全窒素含有率及び全炭素含有率と処理92日目の土壌の酸素拡散速度(ODR)を第1表に示した。土壌のpHは、赤黄色土よりも黒ボク土のほうが高く、また、地下水位3cm区が10、20cm区よりも高かった。土壌の全窒素含有率及び全炭素含有率は、赤黄色土に比べて黒ボク土の値が著しく高く、地下水位処理間には明らかな差異はみられなかった。一方、土壌のODRは、地下水位処理間に顕著な差が認められ、地下水位が高い処理区ほど低く、また、水位3、10cm区においては黒ボク土のほうが赤黄色土よりも明らかに低い値を示した。

第1表 各地下水位処理区の土壌表層のpH(H<sub>2</sub>O)、全窒素含有率(T-N)、全炭素含有率(T-C)及び酸素拡散速度(ODR)

土 壤	地下水位 (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	T-N (%)	T-C (%)	ODR (10 <sup>-8</sup> g/cm <sup>2</sup> ·min)
赤黄色土	3	4.4	0.06	0.76	15.1
	10	4.3	0.06	0.80	29.2
	20	4.3	0.06	0.68	44.3
黒ボク土	3	5.0	0.57	10.18	11.9
	10	4.8	0.57	10.31	17.3
	20	4.3	0.57	10.05	50.2

地下水位処理後のシバの乾物重を第2表に示した。地上部及び根の乾物重は、いずれのシバ系統及び土壌とも水位3cm区で最も小さい値を示し、地下

第2表 各地下水処理区のシバの乾物重

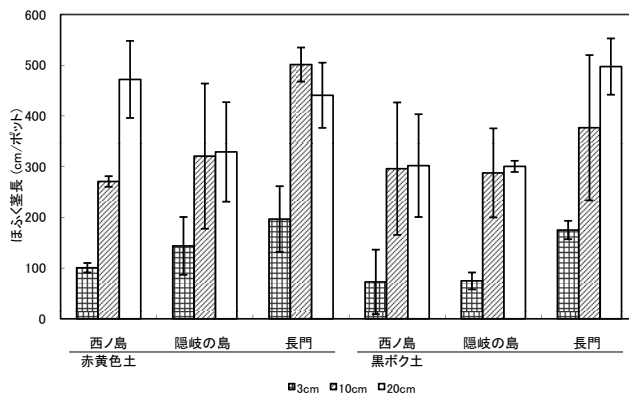
土壌	シバ系統	地下水処理区 (cm)	乾物重 (g/ポット)		
			地上部	根	合計
赤黄色土	西ノ島	3	4.32b	0.81b	5.13b (31.3)
		10	12.06a	1.93a	13.99a (85.5)
		20	14.55a	1.82a	16.37a (100)
	隠岐の島	3	4.04c	0.72c	4.76c (30.3)
		10	9.77b	1.44b	11.21b (72.7)
		20	13.45a	1.96a	15.41a (100)
	長門	3	5.08b	0.88b	5.96b (35.4)
		10	14.16a	2.29a	16.45a (97.7)
		20	14.91a	1.93a	16.84a (100)
黒ボク土	西ノ島	3	1.83b	0.29c	2.12b (16.1)
		10	11.44a	1.09b	12.53a (95.3)
		20	11.85a	1.30a	13.15a (100)
	隠岐の島	3	1.76b	0.32c	2.08b (20.6)
		10	7.81a	0.76b	8.57a (85.0)
		20	9.16a	0.92a	10.08a (100)
	長門	3	3.28b	0.58b	3.86b (26.6)
		10	12.55a	1.36a	13.91a (95.8)
		20	13.19a	1.33a	14.52a (100)

注1) 同一土壌の同系統で異なる文字を付した処理間にはTukeyにより5%水準で有意差有り。

2) 合計乾物重の括弧は地下水処理20cmに対する比率を示した。

水位20cm区に対する比率は、16.1~35.4%であった。また、土壌別にみると、黒ボク土での乾物重が赤黄色土よりも低かった。シバの系統間差を比較すると隠岐郡の2系統に比べて山口産の系統では水位3cmにおける地上と根の合計乾物重の低下の度合いが小さかった。一方、地下水処理10cm区の地上と根の合計乾物重は、水位20cm区に対する比率で72.7~97.7%と地下水処理3cm区に比べれば低下の度合いが小さく、系統間の比較では山口系の低下率が97.7%及び95.8%と小さい傾向が認められた。

シバのほふく茎長を第1図に示した。ほふく茎長は、合計乾物重と同様に水位3cm区で最も低い値を示した。水位10cm区と20cm区の差は赤黄色土の西ノ島系統以外は明らかでなかった。

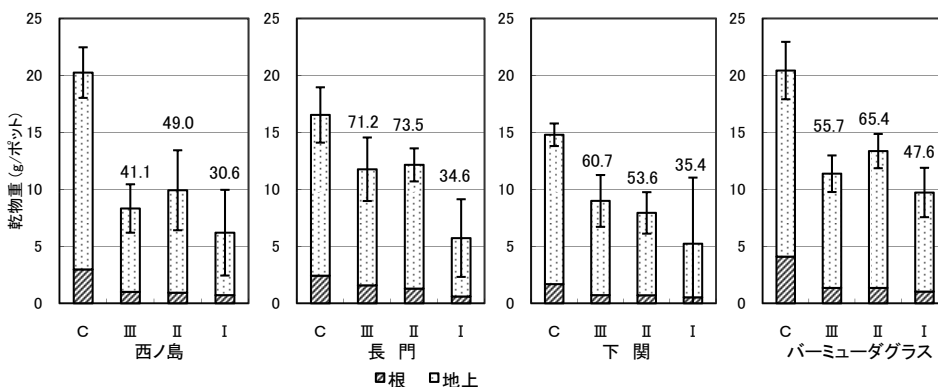


第1図 各地下水処理区におけるシバのほふく茎長

注) 図中のエラーバーは標準偏差を示す。

(2) 試験2 庇蔭試験

庇蔭処理後のシバの乾物重を第2図に示した。強庇蔭区では地上部と根を合計した乾物重は、いずれのシバ系統とも著しく減少し、無庇蔭区の30.6~35.4%であり、パーミュダグラスの47.6%に比べても低い値であった。根の乾物重は、無庇蔭区の24.2~31.4%であり、パーミュダグラスの25.1%と同等の低下率であったが、地上部の乾物重は31.7~36.4%とパーミュダグラスの53.2%に比べて低かった。弱庇蔭区及び朝夕庇蔭区は、無庇蔭区に対する乾物重の低下率が強庇蔭区に比べて小さかった。弱庇蔭区及び朝夕庇蔭区の乾物重をシバの系統間で比較すると、西ノ島町及び下関市よりも長門市の系統で、無庇蔭区に対する低下率が小さかった。



第2図 各庇蔭処理区におけるシバ及びパーミュダグラスの乾物重

C: 無庇蔭 (対照), III: 朝夕庇蔭, II: 弱庇蔭, I: 強庇蔭

注1) 図中のエラーバーは標準偏差を示す。  
2) 図中の数字は対照に対する比率 (%)。

### (3) 試験3 斜面試験

第3表に処理後114日目のシバのほふく茎の本数を示した。ほふく茎の本数を伸長している方向別に調査したところ、いずれの傾斜処理区においても斜面の下方に伸長したほふく茎が斜面の上方に伸長したほふく茎より多かった。上向きほふく茎の本数は、方位にかかわらず弱傾斜区より強傾斜区のほうが少なく、全ほふく茎に占める上向きほふく茎の割合も、強傾斜区(8.3~19.3%)が、弱傾斜区(23.4~32.1%)より低くなった。合計ほふく茎数は、傾斜角度の影響は明らかでなかったが、方位についてみると、対照区に比べて南区のみが優っていた。

処理後のシバの乾物重を第4表に示した。地上部及び根の乾物重は、斜面の方位にかかわらず、強傾斜区よりも弱傾斜区のほうが多かった。方位別では南面の乾物重が最も高く、東と西が低かった。

第3表 方位・傾斜角度別のシバのほふく茎本数

処理	傾斜	ほふく茎数(本/0.1m <sup>2</sup> )			上向き割合 <sup>1)</sup> (%)
		上向き	下向き	合計	
北	27°	2.2	9.2	11.4	19.3
	15°	3.4	9.6	13.0	26.2
南	27°	2.2	11.2	13.4	16.4
	15°	3.0	9.8	12.8	23.4
東	27°	2.0	8.4	10.4	19.2
	15°	2.2	7.0	9.2	23.9
西	27°	1.0	11.0	12.0	8.3
	15°	3.6	7.6	11.2	32.1
水平(対照)		-	-	11.0	-

注1) アークサイン変換後、統計処理した。

2) 同一方位の傾斜角度間にTukey法により5%水準で有意差有り。

なお、各方位区の強傾斜区及び対照区の地温を測定したところ、4月5日~9日の平均気温は、南(23.2℃) > 対照(23.0℃) = 東(23.0℃) > 西(22.7℃) > 北(22.3℃)、7月24日~28日の平均気温は東(30.4℃) > 対照(30.0℃) > 西(29.6℃) > 南(29.5℃) > 北(29.2℃)であった。

### 3) 考察

シバは、本来乾燥状態の土壌を好み、地下水位の高まりとともに乾物重が減少すると言われている<sup>46)</sup>。本試験においても、地下水位3、10cm区においては生育の低下が認められ、過湿な土壌条件では生育が抑制された。本試験で供試した中国地方産3系統では、高地下水位による生育の抑制度合いに系統間で差が認められたものの、その差は大きいものではない

第4表 方位・傾斜角度別のシバの乾物重

処理	傾斜	乾物重(g/0.1m <sup>2</sup> )		
		地上部	根	合計
北	27°	30.8	6.2	37.0 (81)
	15°	38.3	8.4	46.7 (103)
南	27°	35.1	7.2	42.3 (93)
	15°	41.7	9.1	50.8 (112)
東	27°	29.1	6.6	35.7 (79)
	15°	33.4	8.6	42.0 (93)
西	27°	27.7	7.1	34.8 (77)
	15°	34.6	8.5	43.1 (95)
水平(対照)		37.2	8.2	45.4 (100)

注1) 同一方位の傾斜角度間にTukey法により5%水準で有意差有り。

2) 括弧内の数字は対照に対する比率。

かった。日本各地の自生系統をより広範に収集して調査すれば、過湿土壌条件下での生育のより優れた系統を見いだせる可能性があると推察され、耐湿性の強いシバ系統を用いることが有効な方法のひとつである。しかし、放牧利用を前提とすれば過湿土壌は泥濘化を助長するので、地下水位の高い棚田跡地へのシバ導入にあたっては、排水処理を行い、乾田化することが現場レベルでは重要となる。

砂壤土に植えたオオムギでは、土壌のODRが $15 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{min}$ で根の成長が制限されたと報告されている<sup>43)</sup>。本試験では、ODRが $29.2 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{min}$ の赤黄色土に移植したシバは、地下水位10cm区で生育抑制がみられたことから、シバが良好な生育を示すODR値は $30 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{min}$ 以上であると推察される。また、ODRは、地下水位3、10cmでは赤黄色土よりも黒ボク土のほうで低く、シバの生育も概ね黒ボク土のほうで強く抑制された。黒ボク土は他の土壌よりも低いODR値を示したと報告されており<sup>1)</sup>、黒ボク土では過湿による生育低下が顕著になる危険性がある。

シバは、耐陰性が弱く、庇蔭が強くなるほど生育が悪化するといわれている<sup>15,19,35,46)</sup>。本試験においても、庇蔭強度が高いほどシバの生育が低下する傾向がみられた。本試験で検討した3系統の生育反応の差は、庇蔭が強い場合には明瞭ではないが、庇蔭が弱まると明瞭となった。したがって、林床等の日射が制限される場所への導入に適する系統が存在する可能性がある。

一方、谷筋などでは日照時間の短縮が起こることが知られており<sup>14)</sup>、本試験ではこの状況を想定してポットの東西面に衝立を立て、朝夕の日射を遮る処



理を設けた。この場合、ポットよりも衝立のほうが約19cm高く、約3cm幅が広いので、シバは長時間日陰におかれることになった。シバの最大成長は14～16時間の日長で得られたという報告<sup>98)</sup>があり、また、本試験でも朝夕庇蔭区ではシバの生育が抑制されたことから、日照時間の短縮もシバの生育を抑制することが明らかである。さらに、朝夕庇蔭区と弱庇蔭区の生育が3系統とも概ね同等のレベルであった。本試験では積算日射量の測定は行っていないが、シバの生育は日照時間及び日射強度から算出される総日射量に影響される可能性が示唆された。

庄司<sup>81)</sup>は、斜面の傾斜角度が高まるにつれてシバは下方向に伸長するほふく茎の割合が多くなると報告している。本試験においても、斜面方位にかわりなく、傾斜角度が高い区では上向きに伸長するほふく茎の割合が少なかった。しかし、強傾斜区の27°の斜面においても上向伸長のほふく茎はみられたことから、急傾斜地に導入したシバの場合にも上方向の広がりがある程度貢献できる。

斜面は、方位によって日射量、日照時間、地温に違いがみられ、南斜面では日射量が多く、北斜面では少ない<sup>8, 14)</sup>。また、一般に南向き斜面では、土壌水分が少なく、表土が薄く、有機物や窒素含有率が低いと言われている<sup>82)</sup>。本試験では、土壌の要因については検討せず、気象的な影響のみを扱ったが、その結果、シバの生育は、急傾斜区よりも緩傾斜区のほうが良好で、また方位別には南向きで生育が最も良く、東、西向きで悪かった。本来、シバ型野草地の多くは緩傾斜地に、また、方位としては南東から南西向きの斜面に分布していたという調査報告<sup>30)</sup>があり、また、バヒアグラスは北斜面より南斜面のほうが生育がよいという報告<sup>91)</sup>もあるが、本試験での結果は概ねこれらの結果と一致した。方位によって生育に差がみられたのは、日射の影響によるものと推察されるが、北向き斜面よりも東、西向き斜面でシバの生育が下回った理由については、本試験の結果からは明らかにすることはできなかった。

以上のように、シバの生育は地下水位、日射条件及び斜面の傾斜、方位によって異なった。本試験はポット条件下で小規模に実施した試験の結果であり、実際の場面では、土壌の理化学的影響や植生の影響なども複雑に関与するが、シバの生育に関す

る基礎的なデータが得られたと考える。

#### 4) 摘要

地下水位の高低及び庇蔭割合がシバの生育に及ぼす影響を中国地域に自生するシバ系統（鳥根県隠岐郡西の島町，同県隠岐の島町，山口県長門市，同県下関市）を供試して検討するとともに、斜面の方位・傾斜角度によるシバの生育の違いを検討した。

地下水位3，10cmでは水位20cmに比べてシバの生育が悪く、とくに水位3cmではその傾向が著しかった。シバの自生系統間には高地下水位での生育の差異は小さかった。終日強い庇蔭処理を加えることにより、シバは各系統とも生育が著しく抑制された。終日弱い庇蔭処理を加えた処理区と東西面からの日射を遮断した処理区では、強い庇蔭処理区よりも生育低下の度合いが小さかった。また、庇蔭処理による生育反応には系統間差異がみられた。傾斜面に生育させたシバ個体のほふく茎の伸長方向性は、上向きより下向きが優位であり、傾斜角度が高いほどその傾向が強まった。傾斜面でのシバの生育は、急傾斜区よりも緩傾斜区のほうが良好であった。また、方位の違いでは東向きや西向きより南向きで良好であった。

## 2 シバの生育に及ぼす林床リター量の影響

落葉広葉樹林の林床にはリターが厚く積もっており、シバ植生に転換するためには、このリターがシバの定着や初期生育に及ぼす影響について明らかにする必要がある。

主として枯死植物体から成る地表面のリターは、そこに生育する植物にとり、生物的效果、物理的效果及び化学的效果をもたらすことが知られている<sup>60)</sup>。草地造成分野においてもこれまでに、リターは、雨水による養分の溶出及び分解、無機化により、窒素等の養分を植物に供給する<sup>89)</sup>こと、さらに、土壌の理化学的<sup>53)</sup>あるいは肥料的効果<sup>60)</sup>により牧草の発芽、定着を促進することなどが報告されている。しかし、一方、リターは、新たに牧草等を人為的に導入しようとする場合には、播種植物種子と土壌との密着を阻害し、播種床としては望ましくない環境を形成していることになる。そこで、これまでの研究では、シバを播種する場合にはリターを除去し、

裸地条件で行うことが、シバの定着を促進し、良好な手法とされている<sup>53)</sup>。しかし、シバの造成法としては種子を播種する手法と既にシバ群落を形成したものをシバ苗としてソッドの形態で移植する手法がある。一般的には、シバは種子からの造成より、多労ではあるがシバ苗を移植の方が早期にシバ草地を形成できる。しかし、これまでに林床下でのリターが移植したシバ苗の生育に及ぼす影響については検討されていない。また、間伐材や脱落した枝葉を林内において集積し焼却処理すると、地表に多量の炭や灰が残る。トールフェスクについては、落葉灰の上への播種が良好な発芽をもたらすと報告されている<sup>54)</sup>が、これらの炭や灰がシバに及ぼす影響については検討されていない。このように、林床リターや木炭が移植したシバ苗の生育にどのように影響するかは明らかでない。

そこで、本節では落葉広葉樹の落葉を主とするリター及び枝葉を焼却した木炭が、移植したシバ苗の生育に及ぼす影響について、土壤水分、シバへの養分供給及び地温の3点から検討した。なお、木炭はリターではないが、本稿ではリターに含めて表現した。

## 1) 材料及び方法

試験は1997年3月26日から7月9日まで、中国農業試験場畜産部内のガラス室で行った。ガラス室内の試験としたのは、屋外の林床では土壤水分の調整が難しく、過湿あるいは乾燥によるシバ苗の生育への影響が懸念され、リター処理の影響を明瞭に区別して解析することが難しいと考えられたためである。さらに、風によるリターの飛散によってリター量に変化する恐れもあり、また林床の立地、土壤条件が不均一なため、精密な試験を行うのが困難なことによる。

### (1) 試験処理

土壤表面に施用するリター量を異にする3処理(落葉リター区、木炭区、対照区(裸地区))を設定した。赤黄色土を約6mm目のふるいにかけた後、縦38cm、横26cm、高さ16cmのポリプロピレン製コンテナに充填し、3月26日に、各コンテナに市販のシバ(品種は不明)を5cm×5cmの大きさに調製したソ

ッドを2枚ずつ移植した。ソッドはコンテナの短辺の側壁から7cm、両長辺の側壁からそれぞれ10.5cm離れた位置に移植した。全処理区とも基肥として、土壤の充填時にコンテナ当たり複合肥料(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=15:15:15)を6gと苦土石灰9gを全層に混合した。

リター及び木炭は、前年の9月～12月に採取し風乾したものを供試した。落葉リターは、コナラ(*Quercus serrata* Thunb.)を主体とし、エゴノキ(*Styrax japonica* Sieb.et Zucc.)、ヤマザクラ(*Prunus Sargentii* Rehd. subsp. Jamasakura (Sieb.) Ohwi.)及びノグルミ(*Platycarya strobilacea* Sieb.et Zucc.)からなる中国地方で一般的にみられる広葉樹林の林床に堆積した未分解の落葉を供試し、コンテナ当たり40g(乾物重)を土壤表面に均一に敷き詰めた。この量は405g/m<sup>2</sup>に相当するが、落葉樹林伐採年の9月のリター量の調査結果が302～463g/m<sup>2</sup>であったことから決定した(落葉リター区)。

木炭区は、広葉樹林の間伐材及び枝葉を焼却した後、大きさが2cm角以内の炭に灰が混じったものを収集し、コンテナ当たり300g(乾物重)を土壤表面に均一に敷き詰めた。この量は供試した炭と灰をコンテナ全面に敷き詰めるのに必要な量として決定した。窒素含有率は、落葉リターが0.716%、木炭が0.221%であった。試験中のかん水は、1日に1回の観察により土壤表面が乾燥している場合にのみ実施した。試験は5反復の乱塊法とした。

### (2) 調査方法

1997年7月9日、全処理区の基底被度を調査した後、シバ苗を掘り起こし、根を水洗し、茎葉(直立茎及びほふく茎)と根に切り分け、70℃で通風乾燥して乾物重を測定した。さらにリターからシバへの窒素成分の養分供給について検討するため、各処理区内のブロックをひとまとめにして、茎葉を粉碎し、窒素含有率をN-Cアナライザー(住友化学社製、sumigraph NC-80AUTO)を用いて測定した。リターの有無と土壤水分の関係及びリターから土壤への窒素の溶出について明らかにするため、7月7日に各処理2反復について深さ5cmまでの土壤を採土円筒(容量100ml)を用いて採取し、土壤中の含水率と全窒素含有率を測定した。

リターの有無と地温の関係を明らかにするため、6月20日から7月4日までシバ苗から5～6cm離れた位置において深さ3～5cmの地温を1時間間隔で測定した。このうち、一日の日照時間が5時間以上であった6月23日、24日及び26日について日中(7:00～18:00)と夜間(1:00～6:00及び19:00～24:00)に分けて地温の平均値を算出した。

## 2) 結果

### (1) シバの生育

処理後105日目にあたる7月9日のシバの基底被度、コンテナ当たりのシバの乾物重(茎葉及び根)を第5表に示した。シバの基底被度は、植え付け時は3処理区とも5%であったが、試験終了時には落葉リター区52%、木炭区60%、対照区48%となった。落葉リター区ではシバのほふく茎はリターの下部で広がり、そのほふく茎から発生した直立茎がリターの上に伸長し、リターがシバの広がりを抑制することはなかった。被度及び乾物重には、有意な処理間差はなかった。茎葉重と根重の比(T/R比)は落葉リター区が対照区よりも大きく、落葉リターの存在により茎葉に対する根の割合が低下する傾向がみられた。

### (2) シバ茎葉の窒素含有量、土壌の全窒素含有率及び含水率

7月のシバ茎葉及び土壌の全窒素含有量、土壌含水率を第6表に示した。シバ茎葉の窒素含有量は、処理間の差は小さいが、落葉リター区及び木炭区では対照区よりも高い傾向がみられた。土壌の全窒素含有率は処理の影響がみられなかった。土壌含水率は、対照区より落葉リター区及び木炭区で高い傾向にあるものの、有意な処理間差がなかった。

### (3) 地温

シバが定着し、旺盛な生育を示す6月下旬から7月上旬において日照時間5時間以上であった3日間の地温の平均値を昼夜別に第7表に示した。日中の地温は、木炭区の値が最も高く、落葉リター区が低かったが、夜間の地温は落葉リター区が他の2処理区よりも高く、日中とは概ね逆の傾向がみられた。このため、昼夜温の差は落葉リター区の2.2℃に対して木炭区及び対照区ではそれぞれ5.2℃、5.0℃と大きかった。

第5表 各リター処理区のシバの被度と乾物重

処 理	被 度 (%)	乾物重(g/0.1m <sup>2</sup> )			T/R <sup>1)</sup>
		ほふく茎+直立茎	根	合 計	
落葉リター	52a	25.8a (104)	3.3a (64)	29.1a (97)	7.9a
木 炭	60a	36.8a (148)	6.2a (120)	43.0a (143)	6.1ab
対 照	48a	24.9a (100)	5.2a (100)	30.1a (100)	4.8b

注1) 地上部(ほふく茎+直立茎)/根。

2) 異なる文字を付した処理間にはTukey法により5%水準で有意差有り。

3) 括弧内の数字は無処理に対する比率。

第6表 各リター処理区のシバのほふく茎及び直立茎の窒素含有量と土壌の全窒素含有率、土壌含水率

処 理	ほふく茎、直立茎 窒素含有量 (g/ポット)	土 壌	
		全窒素含有率 (%)	含水率 (%)
落葉リター	0.59	0.050	27.8a
木 炭	0.56	0.045	25.8a
対 照	0.53	0.047	19.3a

注) 異なる文字を付した処理間にはTukey法により5%水準で有意差有り。

第7表 各リター処理区の日照時間5時間以上の日の地温

処 理	日中 <sup>1)</sup> 夜間 <sup>2)</sup> °C	
	落葉リター	29.4
木 炭	30.7	25.5
対 照	30.3	25.3

注1) 7:00から18:00まで。

2) 19:00から6:00まで。

3) 1997年6月23, 24, 26日に測定した。

### 3) 考察

本試験でのかん水は、観察により土壤表面が乾燥している場合に実施する方法であり、7月の土壤水分には有意な処理間差はなかった。落葉リター区は他の処理区に比べて土壤表面が乾くことが少なく、かん水量は木炭区及び対照区よりも少なかった。落葉リター区は落葉が幾重に重なり合って土壤を覆っており、これによって土壤からの蒸発が抑制されたと推察される。前節の結果からシバは地下水位が20 cmで、平均土壤含水比が16%のような土壤水分が高い条件では、生育が劣ることが明らかになった。本試験で落葉リター区では対照区より根の生育が劣っており、土壤水分の過剰が根の生育を抑制した原因の一つである可能性がある。

リターからの窒素成分の供給について検討するために調査したシバ茎葉の窒素含有量は、落葉リター区で対照区よりも高かった。地表面のリターの存在は、窒素等の養分を自らの溶出あるいは分解により供給し、シバの生育に促進的に働くことが予想される。本試験で供試したリターの全窒素含有率は、木炭よりも落葉が高く、土壤の全窒素含有率も落葉リター区は対照区よりも高い傾向がみられ、リターから溶出した窒素がシバに吸収されたと推察される。また、シバ草地に施肥を行うとT/R比 (Top/Root) が高まるといわれており<sup>52)</sup>、落葉リター区のT/R比が高かった一因として、リターから供給された窒素養分が影響したと推察される。

一方、木炭区については土壤の全窒素含有率が対照区よりも低かったが、対照区よりもシバ茎葉中の窒素の値が高く、木炭から窒素が供給され、シバの生育に影響した可能性がある。

リターはP、K、Ca及びMg等の成分を還元すると報告されており<sup>31)</sup>、また有機物分解時には植物の生育を阻害する物質である酢酸、乳酸、酪酸等の有機酸を生成するといわれているが<sup>89)</sup>、これらについてもシバの生育に作用していた可能性が考えられ、今後検討する必要がある。

深さ3～5 cmの地温には日射の影響が強く作用するため、日照時間が5時間以上であった日について測定を行った。その結果、地温は、日中は木炭区、対照区が落葉リター区より高かった。木炭区と対照区の平均気温を比較すると0.4℃木炭区が高かった

が、最高気温は対照区の34.0℃に対して木炭区は35.0℃と1.0℃高かった。夜間は落葉リター区が他の2処理区よりも高かった。この原因としては、木炭と土壤との比重や吸水力の違いに伴う比熱の変化が影響したことと、本試験で供試した赤黄色土は赤色に近い土色であるのに対し、木炭区は土壤表面が黒色のため、日中は日射による温度の上昇が顕著であったことが挙げられる。落葉リター区はリターが土壤表面を厚く覆っていたが、葉や腐植は熱の伝導が悪いといわれており<sup>6)</sup>、地温の上昇が妨げられたと推察される。一方、夜間には落葉で被覆されていた処理区では熱の放散が抑えられて地温の低下が抑制された。

三田村ら<sup>49)</sup>は、シバの幼植物の生育を昼温19～34℃、夜温14～29℃の範囲で調査したところ、昼温29℃、夜温24℃で最も生育が良好で、昼夜温の低下とともに生育が悪化し、特に根重の低下が著しかったと報告している。また、昼温34℃、夜温29℃の昼夜とも高気温の場合は呼吸量の増加が生育を抑制したとしている。本試験においては落葉リター区は、昼間の地温の上昇が低く、また夜間の地温が27.2℃と他の処理区よりも1.7～1.9℃高く、呼吸量が多かったと推察される。これらのことから落葉リター区では、晴天時の地温条件は生育に不利に働くことが明らかになった。しかしながら、曇天時の落葉リター区の地温は25.6℃と対照区の24.8℃よりも高く、生育期間全体では落葉施用による地温変化が生育へ及ぼす影響についてはさらに検討する必要がある。

以上の結果から、地表面のリターは土壤含水率及び地温といった土壤環境に影響を及ぼし、土壤への窒素の還元を通じてシバ茎葉の窒素含有量にも作用し、シバの生育に影響を及ぼすことが明らかになった。広葉樹の落葉は土壤含水率、昼間の地温の上昇の点でシバの生育条件として幾分不利に働くことが懸念されるが、シバの被度や生育量には明らかな抑制効果は認められなかった。三田村ら<sup>53)</sup>は、播種したシバの定着と生育はリターの存在によって阻害されたと報告しているが、本試験のようにソッドの形態で移植した場合には生育への阻害作用は少なく、シバの植え付け時にリターを放置してもシバ植生の拡大を強く抑制する可能性は小さい。地表の落葉は降雨による土壤侵食を減少させるといわれてお

り<sup>89)</sup>、除去しないほうが土壌保全上からも好ましい点もある。木炭については、シバの生育への有意な影響は認められなかったが、観察によりシバの茎葉及び根の生育は向上しており、生育の促進に有効であった。

本試験は前述したように現地試験で懸念される土壌水分の影響を軽減し、リターの飛散を防止するため、ガラス室内でのポット栽培下で実施した。したがって、実際の林床とは気温、地温及び日射条件等が厳密には異なる。特にポット内の地温は昼夜の差が大きいとされており<sup>83)</sup>、温度の上昇に伴い増大するリターの分解<sup>89)</sup>は実際の林床よりも大きく、このことがシバの生育に作用したことは否定できない。詳細な結果の検証は現地林床で行う必要があるが、落葉、木炭のシバの初期生育に及ぼす影響の一樣相は明らかにできたと考える。

#### 4) 摘要

広葉樹の落葉リター及び木炭の有無がシバ苗の生育に及ぼす影響を土壌環境の変化と関連づけて検討した。

シバの茎葉（ほふく茎及び直立茎）の生育は、有意な処理間差はみられず、リターの存在の影響は認められなかった。根重は落葉リター区が低く、茎葉に対する根の割合は落葉の存在により低下した。シバ茎葉の窒素含有量は、落葉リター区及び木炭区とも対照区よりも高い傾向がみられた。土壌の含水率は有意な処理間差はみられなかった。日照時間5時間以上の日の地温は、日中は落葉リター区が対照区及び木炭区よりも低く、夜間は落葉リター区が高い傾向がみられた。したがって、地表面の落葉リターは地温の点でシバ苗の生育に不利に作用すると考えられたが、シバの地上部の生育への明らかな抑制作用は認められなかった。木炭は地温上昇効果がみられたが、シバ苗の生育への影響はみられなかった。

### Ⅲ シバ植生の拡大に及ぼす管理方法の影響

#### 1 シバ草地化の速度に及ぼす寒地型牧草の播種の影響

前章ではシバの生育に及ぼす立地環境の影響について明らかにした。ここでは、管理方法がシバ植生

の拡大に及ぼす影響について検討した。

植生の現存量が少ない場所を放牧を続けながらシバ草地を造成する場合、シバ草地化するまでの期間の放牧牛の飼料不足を回避するために寒地型牧草を造成時に混播し、牧草を先行して定着・繁茂させ、その後徐々にシバを定着・繁茂させる方法が考えられてきた。これまでにシバ草地の造成時における寒地型牧草の混播に関する研究<sup>53,61,62)</sup>が行われ、シバと牧草の生育に適する施肥条件等が明らかにされてきた。しかしながら、これらの研究はシバが播種された草地で行われていることから、シバ苗の移植によるシバ草地の造成時に寒地型牧草を混播することによるシバ苗の広がりや生育が、シバの草地化の速度及び生産量に及ぼす影響については十分に調べられていない。また、これまでの試験の多くは冷涼な地域で行われてきた。中国地方の沿岸地帯のように、春から秋まで平均気温が10℃以上と温暖であり<sup>41)</sup>、7、8月には25℃以上となる地域においては、寒地型牧草の生育には夏季の高温が阻害要因となると指摘されており<sup>59)</sup>、シバにとっては生育の旺盛な期間が長く、シバ草地化は冷涼な地域に比較して早期に進む。このため寒地型牧草をシバ苗の植え付けと同時に播種した場合、牧草の存在がシバの草地化に及ぼす影響も冷涼な地帯とでは異なると思われる。そこで、温暖地においてシバ草地を造成する場合の寒地型牧草播種の影響について、シバ草地化の速度及び生産量の点から調査した。

#### 1) 材料及び方法

試験は、中国農業試験場畜産部内の標高約30mの圃場において、1995年3月から1996年9月に実施した。試験開始時における圃場の土壌（深さ5cm）の化学性は、pH（H<sub>2</sub>O）が5.8、T-Nが0.088%、T-Cが0.97%であった。

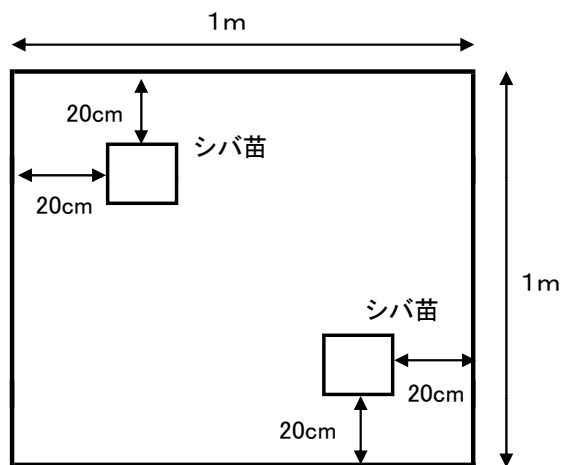
##### (1) 試験処理

シバ苗の植え付け時に寒地型牧草を播種しない無播種区と播種する播種区を設けた。播種区は6草種単播による処理区とし、マメ科のアカクロバ (*Trifolium pratense* L., 「Kenland」)、アルサイククロバ (*Trifolium hybridum* L., 「Tetra」) 及びシロクロバ (*Trifolium repens* L., 「Huia」) の3草種とイネ科のペレニアルライグラス (*Lolium perenne* L., 「Friend」)、トー

ルフェスク (*Festuca arundinacea* Schreb., 「Kentucky 31」) 及びオーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L., 「Aonami」) の3草種とした。

1 処理区の大きさを 1 m<sup>2</sup> (1 m × 1 m) とし、処理区当たり基肥として複合肥料 (15-15-15) で N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O をそれぞれ 4.5 g と苦土石灰 50 g を施用した。1995年3月20日に播種量をいずれの草種も 2 g とし、散播・鎮圧し、市販の 10cm × 10cm の大きさのシバのソッドを張りシバ法により 1 処理区当たり 2 枚 (単位面積当たり 2% の広さに相当) を第 3 図のとおり処理区周囲から 20cm 離れた位置に対角線上に植付けた。2 反復の乱塊法で各区を配置した。

刈取りは、初年目 (1995年) は 6 月 14 日から 11 月 14 日の間、2 年目 (1996年) は 4 月 17 日から 8 月 21 日の間に各 7 回、地上 4 cm で行った。試験期間中に追肥は行わなかった。なお、処理区内に発生したシバ及び牧草以外の植物は適宜除去し、また、処理区外へ伸長したシバ及び牧草のほふく茎は切除した。



第 3 図 シバ苗の植付け地点

(2) 調査方法

刈取り後に処理区を 10cm 間隔で 100 の格子状の区画に分け、シバが出現した区画数を調査しその割合を測定し、「シバの広がり度」とした。また、シバと牧草の被度を各刈取り時及び調査最終時の 2 年目の 9 月に測定した。さらに、刈取った生草をシバと牧草に分け 70℃ で乾燥し測定し、それぞれ、乾物収量とした。

2) 結果

(1) シバの広がり度及び被度の推移

第 8 表にシバの広がり度の推移を示した。無播種区のシバの広がり度は、初年目のシバ苗植え付け後速やかに増加し、6 カ月後の 9 月には既に 80% を超え、2 年目の 5 月には 100% に達し、この間、いずれの播種区よりも有意に高く推移した。播種区では 2 年目の 5 月までは低い値で推移したが、その後いずれの処理区とも増加傾向を示した。9 月にはアカクロローバ区及びアルサイクローバ区では 100% に達し、シロクロローバ区が続いた。トールフェスク区やオーチャードグラス区では広がり度は低かった。

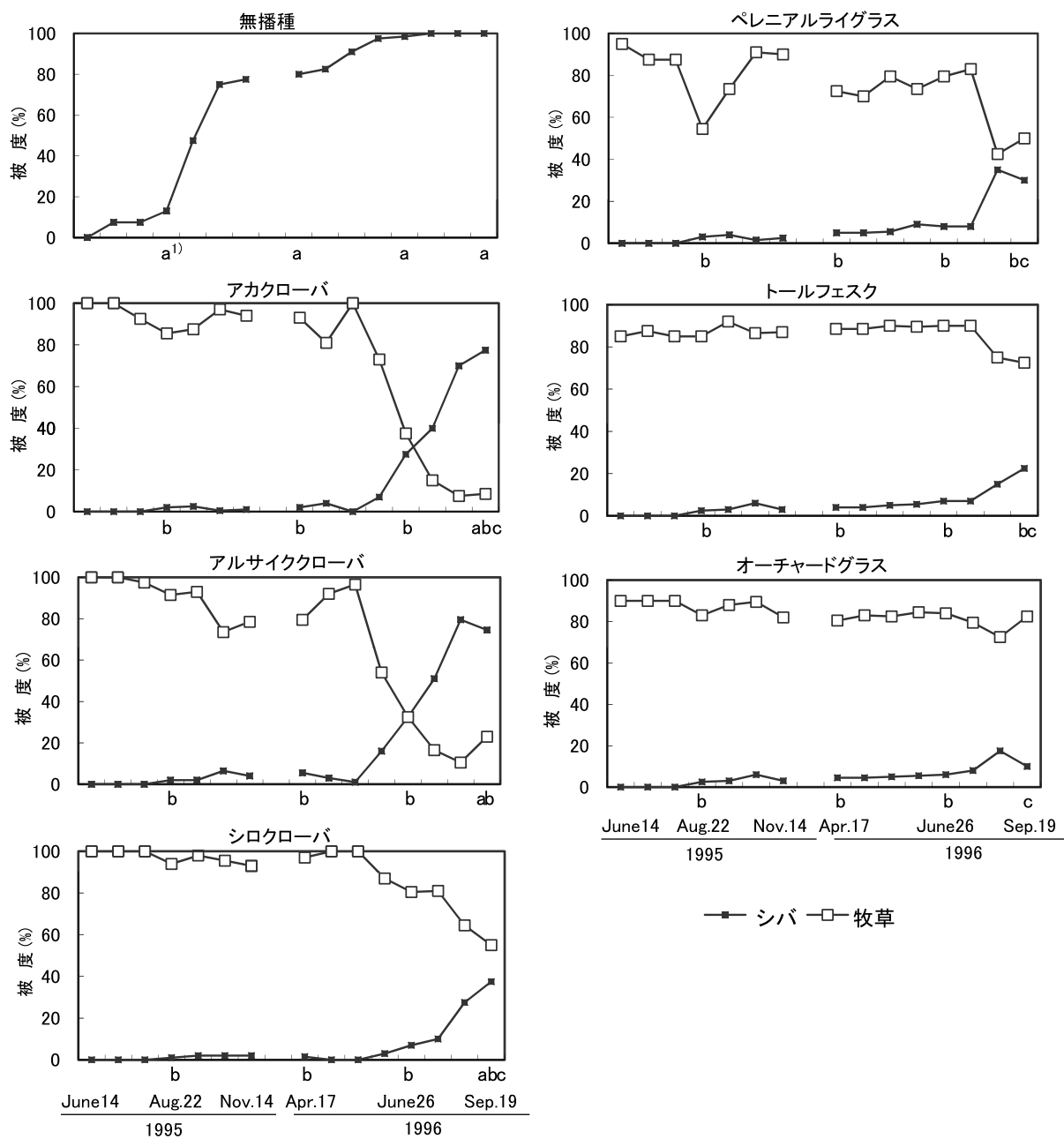
第 4 図にシバ及び牧草の被度の推移を示した。シバの被度は、無播種区では初年目の植え付け後の早い時期から徐々に増えていき、8 月下旬以降は急激に増加し、2 年目の 7 月中旬以降は 100% となった。一方、播種区では初年目にはいずれの処理区も低い値であった。しかし、2 年目にはアカクロローバ区とアルサイクローバ区で大きく増加し、9 月 19 日にはそれぞれ 77.5%, 74.5% に達した。シロクロローバ及びイネ科の播種区では 40% 以下と低かった。牧草の被度は、初年目はいずれの処理区も 50% 以上であ

第 8 表 シバの広がり度の推移

播種草種	1995年		1996年		
	9月13日	11月14日	5月29日	7月17日	9月19日
	%				
無播種	80.5a	96.5a	100.0a	100.0a	100.0a
アカクロローバ	16.0b	19.0b	27.0b	71.5bc	100.0a
アルサイクローバ	18.0b	27.5b	38.0b	89.0ab	100.0a
シロクロローバ	12.0b	14.5b	16.5b	39.0c	91.0ab
ペレニアルライグラス	20.0b	23.5b	31.5b	48.0bc	87.0ab
トールフェスク	17.0b	21.0b	26.5b	36.5c	70.0b
オーチャードグラス	19.5b	21.5b	25.5b	39.0c	72.5b

注 1) アークサイン変換した後、Tukey法により統計処理した。

2) 同一日付間で異なる文字を付した処理間には 5% 水準で有意差有り。



第4図 シバ及び牧草の被度の推移

注1) アークサイン変換した後有意差検定を行った。  
 2) 異なる文字を付した処理間にはTukey法によりシバの被度に5%水準で有意差有り。

ったが、2年目にはアカクローバ区とアルサイクローバ区が大きく低下した。

シバの生育と牧草の被度との関連を検討するため、第9表に播種区の初年目及び2年目の時期別の牧草の被度と2年目の最終調査時である9月19日のシバの被度との関係を、また第10表に2年目の春～夏の期間の乾物収量を示した。2年目の6月～8月の牧草の被度と最終調査時のシバの被度には負の相

関関係がみられ、この時期に牧草の被度が低い播種区ほどシバの被度は高い傾向がみられた。また牧草の被度が低い区はアカクローバ区及びアルサイクローバ区であり(第4図)、この両区では6月中旬から8月下旬における乾物収量(第10表)はシロクローバ区を除く他の播種区よりも有意に少なかった。

第9表 時期別の牧草の被度と1996年9月19日のシバの被度との相関係数

1995年	r	1996年	r
6月14日	0.699*	4月17日	-0.021
7月5日	0.712**	5月2日	-0.021
7月27日	0.323	5月29日	0.465
8月22日	0.294	6月12日	-0.754**
9月13日	0.002	6月26日	-0.936***
10月12日	-0.334	7月18日	-0.909***
11月14日	-0.144	8月21日	-0.898***
平均被度	0.279	平均被度	-0.856***

注) \*\*\*, \*\*, \*:それぞれ  $p < 0.001$ ,  $p < 0.01$  及び  $p < 0.05$ 水準で有意。

### (2) 乾物収量

第11表に各区のシバ及び牧草の乾物収量を示した。なお、2年目の収量は8月下旬までの値であり、秋の収量を含んでいない。無播種区では、シバ苗を植え付けた初年目のシバの収量は42 g/m<sup>2</sup>と少なかったが、2年目には396 g/m<sup>2</sup>となり初年目の10倍近くに増加した。一方、播種区のシバの収量は初年目にはわずかで測定できず、2年目でも処理区当たり7~97 gの範囲であった。播種区の中ではアカク

ローバ区及びアルサイククローバ区のシバ収量が多かったが、無播種区のそれぞれ13%, 24%にすぎなかった。牧草の収量を初年目と2年目で比較すると、アカローバ区及びアルサイククローバ区で減少率が大きかった。

### 3) 考察

#### (1) 牧草の衰退とシバ草地化の速度

本試験で調査した広がり度はシバのほふく茎の伸長による個体占有面積を示し、また被度はほふく茎を母体とする直立茎の繁茂の状態を表すといえる。したがって、広がり度と被度からシバ地化の完成度を知ることができる。無播種区のシバの広がり度はシバ苗植付け6か月後の9月には既に80%を超え、2年目の5月には100%に達した。また被度でも植付け7か月後の10月には75%に達し、2年目の7月には100%となった。シバ草地を造成する場合、完全にシバ地化するには3, 4年を要することが報告されている<sup>69, 100</sup>。本試験では、シバの植え付け後の土壌水分は十分であり、初期の活着に気象が好

第10表 牧草播種区における1996年春から夏の期間の牧草収量

播種草種	4月17日-	5月2日-	5月29日-	6月12日-	6月26日-	7月18日-
	5月1日	5月28日	6月11日	6月25日	7月17日	8月21日
	g/m <sup>2</sup>					
アカローバ	81.7a	403.9a	50.3a	21.5b	5.4b	5.4d
アルサイクローバ	127.8a	293.4abc	26.1a	20.2b	6.2b	7.5d
シロクローバ	154.4a	339.0ab	48.7a	24.3b	32.6b	26.9cd
ペレニアルライグラス	90.5a	217.6bc	86.1a	83.0a	157.0a	77.3bc
トールフェスク	117.6a	241.2abc	43.4a	57.8a	135.7a	121.5ab
オーチャードグラス	92.0a	153.5c	75.2a	80.5a	122.5a	171.0a

注) 同一列間で異なる文字を付した処理間にはTukey法により5%水準で有意差有り。

第11表 シバ及び牧草の乾物収量

播種草種	乾物収量(g/m <sup>2</sup> )						減少率(%) <sup>2)</sup> (1996年:1995年)
	1995年			1996年			
	シバ	牧草	合計	シバ	牧草	合計	
無播種	42	-	42c	396a	-	396b	-
アカローバ	-	1,669a	1,669a	52a	871a	923a	47.8ab
アルサイクローバ	-	1,296ab	1,296ab	97a	555b	652ab	57.3a
シロクローバ	-	1,287ab	1,287ab	44a	744ab	788ab	42.2ab
ペレニアルライグラス	-	1,356ab	1,356ab	13a	1,004a	1,017a	25.1ab
トールフェスク	-	926b	926b	30a	881a	911a	4.3b
オーチャードグラス	-	968b	968b	7a	887a	894a	8.4ab

注1) 同一列間で異なる文字を付した処理間にはTukey法により5%水準で有意差有り。

2) アークサイン変換した後、統計処理した。



条件であった。また除草も適宜行っている。このような条件において、牧草という競争相手が無い無播種区では、ほふく茎を伸長させ繁茂し、より短期間にシバ草地化を達成していった。一方、播種区の中では、シバの広がり度及び被度は2年目のアカクロバ区、アルサイククロバ区では5月以降に急速に増加した。しかし他の草種播種区では増える傾向にあるものの低調に推移しており、牧草播種によりシバの生育が抑制される傾向がみられた。播種区におけるシバ草地化の速さを左右する要因として、牧草によるシバに対する庇蔭<sup>10, 72)</sup>、養水分の競合等<sup>62)</sup>の影響がある。各播種区について、2年目の牧草生産量の減少率をみると、アカクロバ区、アルサイククロバ区で減少率の値が大きかった(第11表)。アカクロバ、アルサイククロバは永続性に乏しい草種であり、播種後年数を経るにしたがい減少しやすく、特に夏の暑さに弱く夏枯れを受けやすい<sup>29, 71)</sup>。両草種の夏季の生産量の低下は、このことを裏付けている。試験期間中、初年目後半から2年目にかけては降水量が少なかったが、この気象条件も牧草の生育には不適であった。このためアカクロバやアルサイククロバは2年目には衰退してしまい、シバにとっては競争相手が消滅し、裸地率も増えたため生育を高められたと考える。このように、播種区でも牧草が早期に衰退する条件がシバ地化には好ましいといえる。また、マメ科牧草は窒素固定を行っていたと推察され、試験終了時の土壌(深さ0~5cm)の全窒素含有率はイネ科牧草播種区の0.087~0.094%と比較してマメ科牧草播種区では0.096~0.100%と高かった。したがって、アカクロバ区、アルサイククロバ区では窒素固定で付与された窒素がシバの成長を助長した可能性がある。

## (2) 播種牧草の収量とシバ草地化

前記したようにシバ草地化には時間を要するとして、この間の草量不足や裸地を抑えるために、シバ草地造成時に牧草を混播する試みが行われてきた。本試験では、無播種区の乾物収量は初年目は42gであり、播種各区の3~5%と極めて少なく、2年目でも396gと播種各区の39~61%と少なかった。シバの収量に限ると初年目は播種区では痕跡程度に確認できただけであり、2年目でも播種区は無播種区

(396g)の2~24%程度と少なかった。したがって、シバ草地化までの期間に草量を確保するという観点では無播種区が劣ることになる。

しかしながら、前項のようにシバ草地化の速度からみると無播種区が播種区よりも勝り、また播種区でも早期に牧草が衰退したアカクロバ区、アルサイククロバ区が優れた。本試験では、シバ草地化の対象地は林地の伐採跡地や強害草を防除するため除草剤を散布した草地のように野草植生が貧弱な場所を想定しているため除草を行った。また、年平均気温が14.6℃で、年間降水量が1,765mmの地域にあり、試験実施年の後半の降水量はやや少ない傾向にあったが、気温はおおむね平年並みであった。試験を実施した地域は冬季に積雪がみられるものの気候は温暖地に相当し、このような気象条件と雑草の少ない条件にあるシバ草地化の対象地では、春に牧草を播種せずに造成を開始すれば秋にはシバは生育を拡大し、次の年の夏(シバ苗植え付けから約1.5年後)にはほとんどシバ地化することが明らかになった。この速さはこれまでの報告の移植後2~3年<sup>69)</sup>、移植後3~4年<sup>100)</sup>よりも短かった。意識的にシバ草地造成を行う以上は、より短期間にシバ草地化することが求められる。本結果から牧草を導入しなければ短期間にシバ草地化が得られるため、草量確保を理由とした牧草の導入は逆に本来のシバ草地化を遅らせることになる。

なお、本試験ではシバ苗を面積比で2%を植え付けたが、適切なシバ苗の植え付け量についての検討が必要である。

以上のことから、本試験のような比較的温暖な地域では牧草の播種をしないことが、速やかにシバ地化が図れ、造成期間を短縮できるといえる。

## 4) 摘要

シバ草地造成時に播種した寒地型牧草のシバ草地化の速度及び収量に及ぼす影響について検討した。

シバ草地化は、シバの出現した区画の割合から求めた広がり度と被度により調べた。そのシバの広がり度及び被度は、牧草無播種区では早い時期から高く推移し、それぞれ植付け2年目の5月及び7月には100%に達した。一方、牧草播種区では植付け初年目は低く推移し、2年目に増える傾向がみられた

ものの、低調に推移した。植付け2年目の6～8月の牧草の被度と9月のシバの被度との間には負の相関関係がみられ、牧草の被度が低い播種区ほどシバの被度が高い傾向がみられた。シバの生産量は、無播種区では1年目は42 g/m<sup>2</sup>と少なかったが、2年目は396 g/m<sup>2</sup>と増加し、両年とも播種区を上回った。シバ草地化の速さは、牧草によるシバに対する庇蔭、養水分の競合等が影響した。したがって、草量確保のための寒地型牧草の播種はシバの生育には抑制的に働き、雑草が少ない条件でのシバの造成時には牧草を播かないほうが早期にシバ草地が完成するため、造成期間の短縮の点から望ましい。

## 2 シバ草地化に及ぼす導入後の放牧管理の影響

シバは放牧環境に適応した草種であり、家畜の踏圧や採食にも強いといわれている<sup>15)</sup>。放牧条件下では牧草は牛の蹄により踏みつけを受けるとともに、草地土壌の緊密化の影響を受けるといわれている<sup>67)</sup>。しかし、シバの地下部器官は踏圧によってほとんど影響は受けなかったと報告されており<sup>2)</sup>、さらに、シバはほふく茎に再生のための養分を蓄積し<sup>81)</sup>、採食により頻繁に剪葉される連続放牧下でも良好な生育を示す。放牧による植物の生育への影響は複雑であるが、刈取管理と比較することにより、放牧管理の影響に関する知見を得ることができる。

そこで、移植したシバの生育及びシバ草地化に及ぼす放牧の影響を刈取管理と比較して、放牧牛の踏圧による土壌の物理性の変化や放牧牛の採食が他草種との競合に及ぼす影響から検討を行った。

### 1) 材料及び方法

試験は、1999年から2000年にかけて栃木県大田原市の中村牧場で実施した。試験地の概況及び試験方法は以下のとおりである。

#### (1) 試験地の概況

中村牧場の林地160 aのうち、アカマツ (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.)、広葉樹及び雑灌木が混在し、林床にアズマネザサ (*Pleioblastus chino* (Franch. et Savat.) Makino) が繁茂する15 aを試験地として試験を実施した。試験地の傾斜度は平均5°の南向きで、土壌は黒色火山灰土で腐植に富んでおり、pH

は4.7であった。

#### (2) 試験処理

立木はアカマツ、ヤマザクラ等を主体に22本を残して間伐し、林床のアズマネザサを刈り払った。残存する立木の平均樹高は約13mである。間伐後の林床の相対照度は、1 m間隔に50カ所で測定し、平均69%であった。また、伐採木の搬出作業により、林床のリターが除去され、地表面が露出していた。1999年4月20、21日にシバ (品種：朝駆) のソッド20cm×15cmを1m<sup>2</sup>に1枚植え付けた。1999年8月12日に放牧区と禁牧して刈取管理を行う刈取区をこの林地内に設置した。1区の広さは8 m×8 mで、3カ所とした。1999年は、7月下旬から10月下旬まで、2000年は5月上旬～12月上旬まで黒毛和種成雌牛2～5頭を林地全体を1牧区として放牧した。放牧頭数は草量に応じて増減し、飼料が不足する時期は補助飼料 (乾草) を給与した。刈取区は1999年9月16日、2000年5月29日、7月14日、8月14日、9月6日に地上3 cmで刈取り、刈草は搬出した。なお、アズマネザサの再生がみられたため、1999年6月9日に放牧区を含む試験区全体の掃除刈りを行った。また、放牧区では9月16日にタケニグサ (*Macleaya cordata* (Willd.) R.Br.)、クマイチゴ (*Rubus crataegifolius* Bunge)、ヨウシュヤマゴボウ (*Phytolacca Americana* L.) 等を刈り払い、除去した。

#### (3) 調査方法

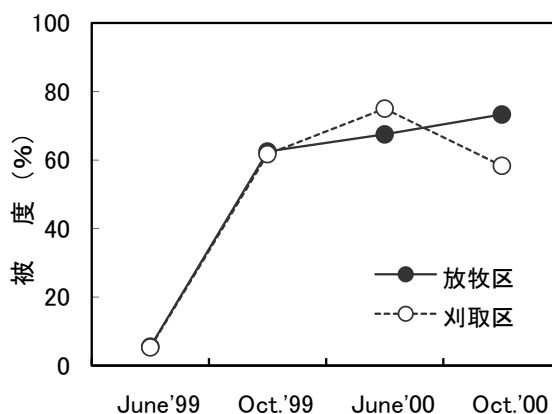
植生調査を6月と10月に1 m×1 mの固定コドラートを用いて行った。出現種の冠部被度と草丈を測定し、積算優占度 (SDR<sub>2</sub>) を算出した。シバの根の生育を調査するため、1999年10月20日と2000年10月17日に放牧区及び刈取区とも1区当たり2カ所の土柱を掘上げ、水洗後70℃で乾燥して乾物重を測定した。土柱の大きさは1999年は縦、横20cm、深さ20cm、2000年は縦、横20cm、深さ30cmとした。土柱は地表から深さ、0～5 cm、5～10cm、10～20cm及び20～30cm (2000年のみ) の4層に切り分けて、根を水洗し、70℃で乾燥して根の乾物重を測定した。放牧と刈取りによるシバの根の活力の差異を明らかにするため、深さ5 cmまでの土層に含まれていたシバの根について、根の呼吸量を測定した。根の呼吸量

の測定は、酸素を飽和した30℃の蒸留水に根を浸し、酸素消費量を溶存酸素計（堀場製作所製、OM-14）を用いて測定した<sup>7)</sup>。さらに、放牧牛による踏圧が土壌の物理性に及ぼす影響を明らかにするため、1999年4月22日、10月12日、2000年10月6日に深さ15cmまでの土壌を採土円筒（容量100ml）を用いて採取し、三相分布を測定するとともに、山中式土壌硬度計を用いて深さ5、10、15cmの土壌硬度を測定した。なお、移動型のプロテクトケージ（1m×1m）を5カ所設け、1999年は5回、2000年は9回、ケージ内外の植物を地際から刈取り、シバとシバ以外に区分けして、乾物重を測定し、被食量を算出した。

2) 結果

(1) シバの生育及び植生

放牧区及び刈取区のシバの被度を第5図に示した。試験1年目の1999年は、6月から10月にかけて両処理区ともシバの被度が急速に高まり、10月には約62%になった。試験2年目の2000年は放牧区ではさらに被度が高まる傾向がみられた。刈取区は6月の値は放牧区よりも高かったものの、10月には低下した。これはメヒシバ等の草種が夏季以降繁茂し、シバを庇蔽したため、シバが部分的に衰退したためである。第12表に積算優占度（SDR<sub>2</sub>）の上位5草種のSDR<sub>2</sub>及び被度の推移を示した。1999年はアズマネザサが放牧区では2位であり、刈取区では4位であった。2000年6月は、両区ともアズマネザサの



第5図 シバの被度の推移

順位が2位であったが、2000年10月には放牧区で3位、刈取区では5位以下に下がった。メヒシバは、刈取区では1999年及び2000年6月にそれぞれ2位、3位であったが、被度は9%、2%と低かった。2000年10月に両区ともSDR<sub>2</sub>が2位となった。この時期のメヒシバの被度は放牧区が8%、刈取区が25%であった。

放牧牛が採食した草種を明らかにするため、内外差法によって測定した放牧牛の被食量は、1999年は7月23日から11月10日までで1㎡当たりシバが25.4g、シバ以外の草種が238.7gであった。2000年は5月10日から11月22日の間の調査で1㎡当たりシバが71.4g、シバ以外が102.6gであり、シバの被食量は、試験1年目に比べて大きく増加した。

第12表 積算優占度（SDR<sub>2</sub>）<sup>1)</sup>の上位5種の推移

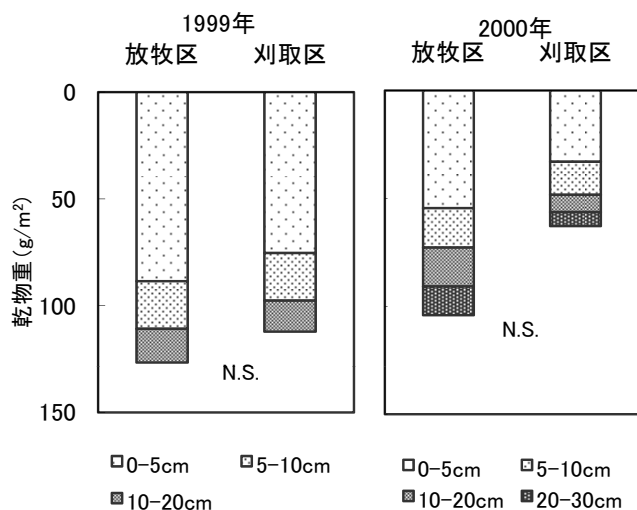
試験区	1999年10月				2000年6月				2000年10月			
	草種	SDR <sub>2</sub>	被度(%)	草種	SDR <sub>2</sub>	被度(%)	草種	SDR <sub>2</sub>	被度(%)			
放牧区	1 シバ	90.1	62.5	シバ	79.6	67.5	シバ	100.0	73.3			
	2 アズマネザサ	55.1	6.3	アズマネザサ	57.1	9.5	メヒシバ	52.5	5.5			
	3 クマイチゴ	20.6	1.7	ニガイチゴ	15.5	0.8	アズマネザサ	47.7	7.8			
	4 チヂミザサ	17.1	0.5	クマイチゴ	13.3	2.0	クマイチゴ	17.9	1.3			
	5 ヌルデ	15.0	0.5	ヌルデ	12.9	0.7	ノゲシ	16.6	1.3			
刈取区	1 シバ	100.0	61.7	シバ	100.0	75.0	シバ	85.3	58.3			
	2 メヒシバ	54.2	8.8	アズマネザサ	40.4	1.7	メヒシバ	62.6	14.7			
	3 チヂミザサ	41.0	2.2	メヒシバ	27.7	2.3	チヂミザサ	28.5	4.2			
	4 アズマネザサ	28.0	1.0	ニガイチゴ	24.1	2.5	スズメノヒエ	20.1	1.2			
	5 イヌビエ	18.5	1.0	チヂミザサ	19.4	5.5	キンエノコロ	14.8	2.2			

注1) SDR<sub>2</sub> = (草丈比数H' + 被度比数C') / 2.

(2) シバの根の生育及び活力

第6図に1999年10月及び2000年10月に調査した根の深さ別の層別根重を示した。1999年は深さ20cmまで、2000年は深さ30cmまで調査した。全根重は、1999年及び2000年ともに両処理区間に有意な差はみられなかった。両処理区とも1999年に比べて2000年の根重が少なかった。この理由としては、1999年は移植したシバのソッド部分以外は、ソッドの形成が不十分であったため、移植部分を中心とした場所で調査しており、移植前の既存の根が含まれていたことによって値が高かった。これに対して、2000年は全体にソッドが形成され、移植部分が不明瞭であったため、新規にソッドが形成された部分での調査が含まれており、根重が前年よりも少なかった。土壌の深さ別の根の分布割合は、深さ0～5cmの根の割合が両処理区とも2000年に低下した。

シバの根の活力を検討するため、根の呼吸量を測定した結果を第13表に示した。根の呼吸量が多いほど根の活動が活発であり、活性が高いと判断できる。根の呼吸量は、1999年及び2000年とも放牧区よりも



第6図 シバの層別根重の推移

第13表 シバの根の呼吸量

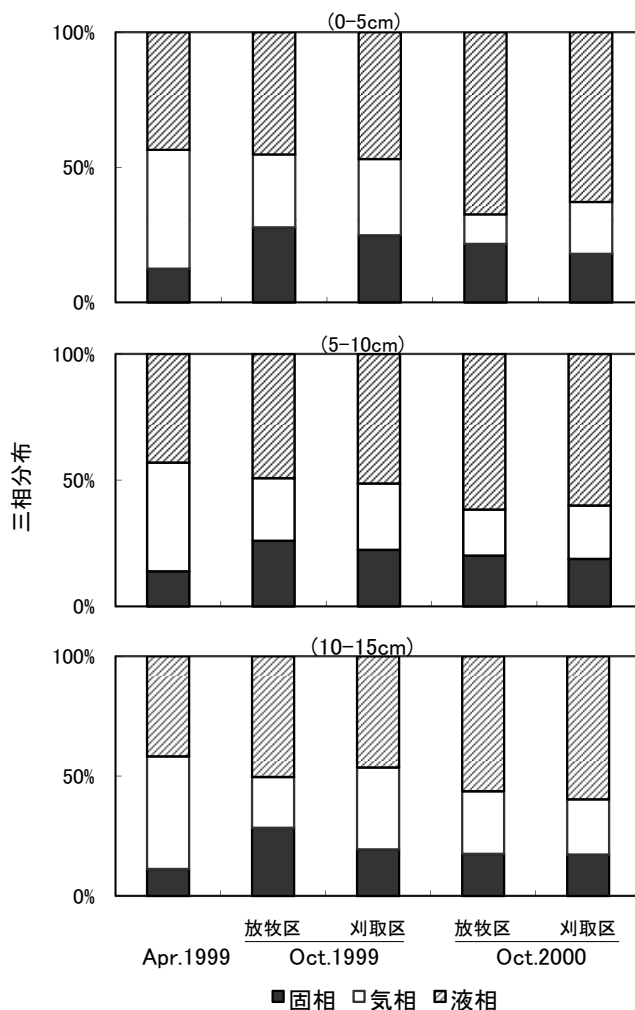
処 理	根の呼吸量 (mg/DMg/h)	
	1999年10月	2000年10月
放牧区	2.1a	2.4a
刈取区	2.9a	2.7a

注) 異なる文字を付した処理間にはTukey法により5%水準で有意差有り。

刈取区が高い傾向にあるものの、処理間に有意な差はみられなかった。

(3) 土壌硬度及び土壌三相分布

放牧牛による踏圧が土壌の物理性に及ぼす影響を明らかにするため、土壌硬度を第14表に、土壌三相分布を第7図に示した。土壌硬度は、試験開始時の1999年4月には16mm以下であり、刈取区はその後17mm以下と低い値で推移した。一方、放牧区は深さ5cm及び10cmの硬度が高まった。土壌の三相分布は試験開始時の1999年4月には固相率が11.2% (深さ10～15cm)～13.9% (同5～10cm)と低く、気相率が43.1% (同5～10cm)～47.0% (同10～15cm)と高かった。放牧区及び刈取区とも次第に固相率が上がり、気相率が低下する傾向が認められたが、この傾向は刈取区に比べて放牧区で顕著であった。



第7図 土壌の三相分布の変化

第14表 土壌硬度の推移

処 理	深さ(cm)	土壌硬度 (mm)		
		1999年4月	1999年10月	2000年10月
放牧区	5	14.7	18.8	20.6
	10	15.5	19.6	19.1
	15	15.7	18.1	16.9
刈取区	5	-	16.9	16.6
	10	-	16.3	16.6
	15	-	16.7	16.1

注) 山中式土壌硬度計の指標値。

### 3) 考察

本試験では造成にあたって林床の枯葉等のリターは除去してシバを移植した。林地の伐採跡地ではリター層を除去すると越年性及び永年性の野草類が侵入し、増加すると報告されており<sup>60)</sup>、リター層は物理的影響により草本類の侵入に抑制的に働くと考えられる。本試験ではシバの植え付け6ヶ月後の1999年10月の植被率が放牧区は75%、刈取区は84%と高かったが、これはリターを除去したことにより草本類の侵入を容易にした可能性がある。一方、シバの被度は、既存の試験<sup>69)</sup>に比べて顕著に早く高まったが、この要因は本実験ではほふく茎の伸長が優れる品種「朝駆」<sup>37)</sup>を用いたためである。

試験開始時に林床に繁茂していたアズマネザサは、刈取処理してからシバを植え付けたが、その後も旺盛な再生がみられたため、両区とも再度刈取りを実施した。その後は再生茎の草丈は低く、放牧牛が葉身を採食したため、生育が抑えられた。落葉広葉樹林を伐採し、ミヤコザサが優占した草地に播種法によりシバを導入するには、放牧による攪乱を加えてササを衰退させて1年生イネ科雑草が侵入してから播種するのがよいといわれている<sup>50)</sup>。本試験では間伐し、アズマネザサを伐採してすぐにシバを導入したが、シバ植生の拡大は良好であった。これは放牧、刈取りによってササの生育が抑えられたためと推察される。

放牧区では放牧頭数の増減があったものの、春から秋に継続的に放牧されており、常に採食を受けていた。このような条件ではシバ以外の草種は草丈が低く抑えられることから、草丈が低いシバも十分な日射を受け良好な生育を示した。シバは短期輪換放牧及び連続放牧に適していると報告されており<sup>10)</sup>、

連続的な放牧条件で管理したことがシバの優占度を高めた一因である。これに対して刈取区ではシバが他の草種に庇蔭される期間があり、このことがシバの被度の低下を生じた。

放牧条件下では植物体は牛の蹄により約3 kg/cm<sup>2</sup>の踏みつけを受けるといわれている<sup>42)</sup>。さらに、踏圧は、植物体自体への蹄傷による生育阻害のほかに土壌の緊密化をもたらして通気性、透水性を不良にし、根の伸長や養分吸収を阻害するといわれている<sup>68)</sup>。しかしながら、シバは踏圧には比較的強いといわれており<sup>2)</sup>、シバ幼植物は、広い範囲の土壌硬度で正常に成長することが示されているほか<sup>50)</sup>、適度な踏圧によって分岐茎数、節数、根数等が増加して密な芝生になるといわれている<sup>17)</sup>。また、シバのほふく茎は器械組織が発達しており、外力による損傷を最小限度にとどめる構造になっている<sup>16)</sup>。

本試験では根量、土壌の深さ別の根の分布割合及び根の活力には両処理区間に明らかな違いがみられなかった。土壌の物理性を土壌硬度と三相分布から評価したところ、両指標とも放牧牛による踏圧の影響がみられたものの、その程度は小さかったことから、シバの根の成長や根の活力にも影響が認められなかったと推察される。シバ草地では深さ約10~15 cm付近に硬盤層の形成が進み、造成後20年程度でシバ草地土壌生態系は安定するといわれており<sup>21)</sup>、今後放牧を継続することにより、土壌の緊密化が進むと予想されるが、シバ草地化には支障とならないと考える。

間伐した林床の光環境の経年変化について、アカマツ壮齢林では間伐後の急速な樹冠の発達はみられないといわれており<sup>11)</sup>、アカマツが多い本試験地では急速に林床の照度が減少することはないと判断できる。したがって、ほぼ全面に広がったシバについては適切な放牧管理が行われていれば今後も植生が維持されると推察される。

本試験は他の試験とは異なり北関東で実施した。シバの生育は他の試験を実施した中国地方と北関東との間に違いがある可能性があるが、本試験での発生雑草がメヒシバ等の中国地方でも一般的な草種であり、土壌の物理性を介しての影響にも大きな違いがないと推察されることから、放牧及び刈取りの影響について、大きな違いはないと考える。

#### 4) 摘要

間伐した林地の林床に移植したシバの生育に及ぼす放牧の影響について、刈取管理と比較を行った。移植したシバの生育は、移植1年目は放牧区及び刈取区とも差がみられなかったが、2年目は刈取区ではメヒシバ等のイネ科雑草が繁茂し、シバが抑圧され、部分的に衰退した。放牧区では採食や踏圧によりシバ以外の草種の生育が抑制され、シバの生育は良好であった。また、放牧区では表土の緊密化が認められたものの、シバの地上部の生育、根の生育及び生理的機能が抑制されることはなく、放牧条件下において約1年でシバが優占した。したがって、シバ草地化を計るためには、刈取管理よりも連続放牧による管理が適しているといえる。

### Ⅳ シバを導入した遊休農林地の植生の変化

#### 1 シバを導入した耕作放棄棚田の植生及び土壌環境の変化

これまでの試験において、シバの生育は地下水位20cmに比べて水位3cmでは顕著に低下すること、土壌の種類やシバの自生系統間で、高地下水位での生育に違いがみられたが、その差は小さいことが明らかになった。このため、地下水位の高い棚田跡地等へのシバの導入に当たっては、排水対策が不可欠であると考えられた。しかし、これまで水田跡地に牧草を導入した研究事例<sup>27)</sup>はあるものの、棚田跡地にシバを導入して放牧利用した場合の検討はほとんどなされていない。

そこで本研究では、耕作が放棄され、灌木類及びイグサが優占する棚田跡地にシバを導入し、放牧管理した場合の土壌環境と植生の変化を3年間にわたり、調査した。

#### 1) 材料及び方法

##### (1) 灌木優占地

中国農業試験場畜産部内の放棄後約60年経過した西向きの棚田跡地で試験を行った。試験地の土壌は赤黄色土で、面積は旧田面部が約15a、周囲の法面等を含めると約40aである。試験開始前の植生は、コナラ、カシワ (*Quercus dentate* Thunb.ex Murray)、アカマツ等の樹高2~4mの灌木類が優占し、下草に

はスゲ類 (*Carex* spp.)、イグサ (*Juncus effuses* L.var.decipiens Buchen.)、カヤツリグサ (*Cyperus microiria* Steud.) 等が生育していた。

1994年6月に灌木類及び草本類を刈払い、搬出した後、旧田面の周囲に深さ30~50cm、幅約30cmの排水路を掘った。6月17~20日にかけて市販のシバのソッド (品種不明) を約9×15cmに切り、旧田面部に1枚/m<sup>2</sup>を植付けた。植付法は、つるはしで浅く土を掘ってソッドの一部を埋め、土をかぶせて足で踏みつけた。

1994年7月18日から、試験地 (旧田面) と隣接する野草地を含む約1haに、黒毛和種成雌牛を放牧した。放牧方法は、1994年は10月21日まで6~15頭を年3回輪換放牧し、1995年は5月9日から10月30日まで、1996年は4月23日から10月27日まで3頭を定置放牧した。放牧強度は、500kgの成牛に換算して201 (1994年) ~389 (1996年) 頭・日/ha/年 (以下、カウデーまたはCDという。) に相当した。1994、1995年には年数回、灌木類の萌芽を刈取り、ノイバラ (*Rosa multiflora* Thunb.) を掘取り、除去するとともに、1995年6月に全面を掃除刈りした。

調査は、1m×1mの定置コドラートを旧田面部に16カ所設置して行い、毎年9月中旬に出現植物の被度及び草丈を測定した。また、同時に50cm×50cmの移動コドラートを用い、旧田面部16カ所を地際から刈取り、草種別に分け、70℃で乾燥した後、乾物重量を測定した。1994年の6月と毎年9月には、山中式土壌硬度計を用いて旧田面部を6カ所、深さ0、5、10cmにおける土壌硬度を測定した。さらに、土壌硬度測定時に100mlの採土円筒を用い、0~5cm、5~10cmの深さの土壌を採取し、三相分布を測定した。土壌の試料は、100℃で乾燥後、ガラス電極pHメーターによってpH (H<sub>2</sub>O) を測定するとともに、N-Cアナライザーを用いて全窒素及び全炭素含有率を測定した。

なお、1994、1995年の9月にはシバ定着個体の生育場所6カ所を選定し、20×20×20cmの土柱を掘り上げ、深さ0~5、5~10、10~20cmの土層に切り分けた。これらの土柱サンプルを水洗してシバの根を採取し、70℃で乾燥して根重を測定した。

(2) イグサ優占地

所内の耕作放棄後約60年の西向きの棚田跡地で同様の放牧試験を行った。土壌は灌木優占地と同じである。試験地は旧田面部のみで、面積は約3aである。試験開始前の植生は、イグサの被度が80%と高く、他にはスゲ類等が混在していた。1994年6月7日に茎葉処理除草剤（グリホサートイソプロピルアミン塩剤）を340ml/10a散布し、草本類が枯死した6月20日に刈払った後、搬出した。灌木優占地と同様の方法で排水路を掘り、6月21日に同様の方法でシバを植付けた。植付け直後から隣接する野草地（約3.5ha）とともに黒毛和種成雌牛を放牧した。放牧方法は、1994年は10月21日まで6頭、1995年は4月25日から10月17日まで6頭、1996年は4月23日から12月5日まで3頭を、それぞれ定置放牧した。放牧強度は500kg成牛に換算して193（1994年）～275（1995年）CDに相当した。1994、1995年に数回、ノイバラの除去を行うとともに、1995年6月に掃除刈

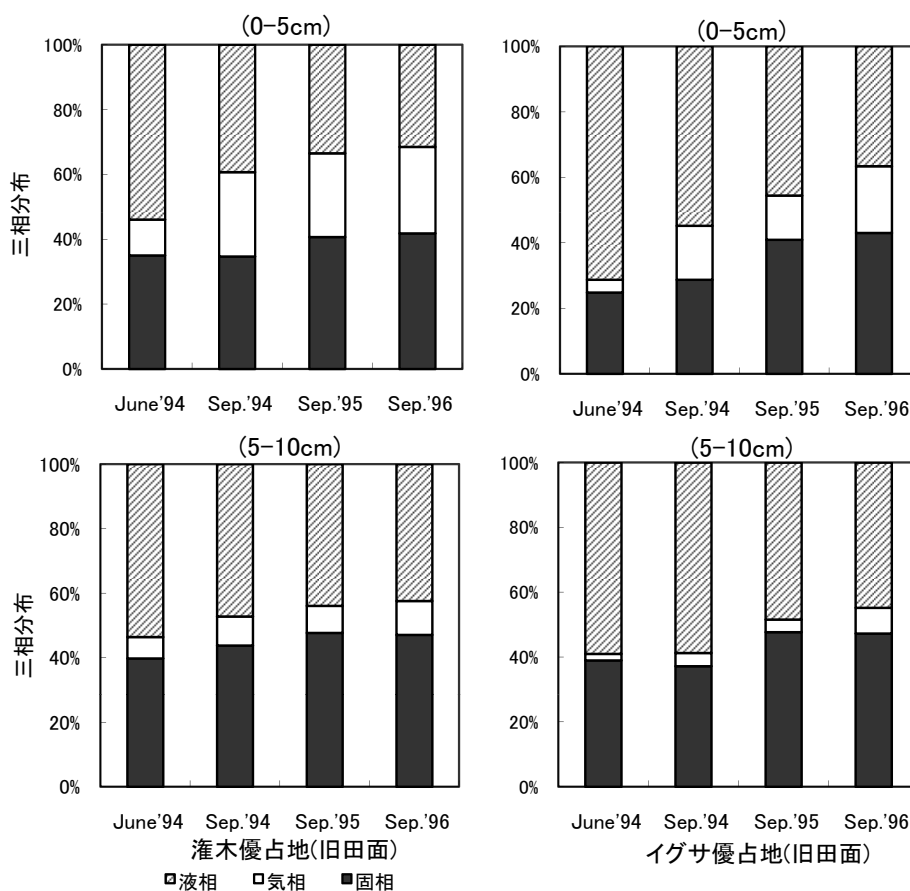
りを実施した。

調査は灌木優占地と同様の方法で、田面の出現植物の被度及び草丈、植物種ごとの現存量、土壌硬度及び三相分布、土壌pH、土壌の全窒素及び全炭素含有率、シバの層別の根量を測定したが、調査箇所数は、被度、草丈及び現存量の調査では4、それ以外のものは3とした。

2) 結果

(1) 土壌の理化学性

深さ0～10cmにおける土壌の三相分布の変化を第8図に示した。旧田面部では、0～5cm層、5～10cm層のいずれも、試験開始時には灌木優占地、イグサ優占地ともに液相が高く、特にイグサ優占地で71%（0～5cm）、59%（5～10cm）と著しく高い値を示した。その後、両試験地とも液相の割合は経時的に低下し、その度合いは0～5cm層の方で著しかった。それに対応し、固相または気相の割合は高



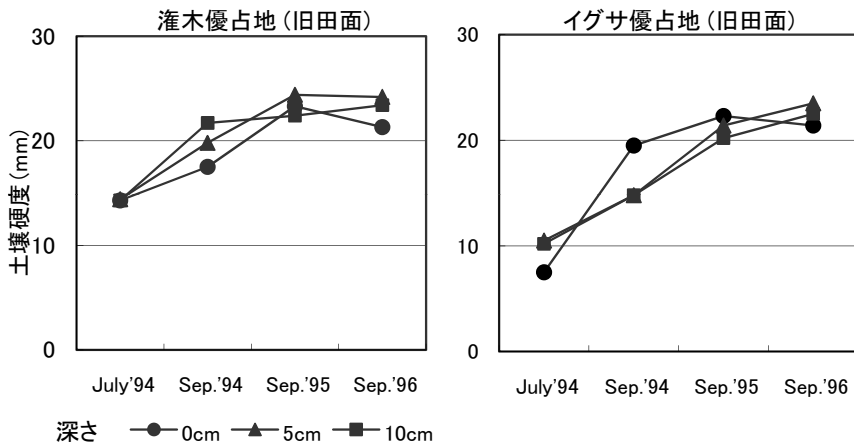
第8図 土壌の三相分布の変化

まる傾向がみられた。

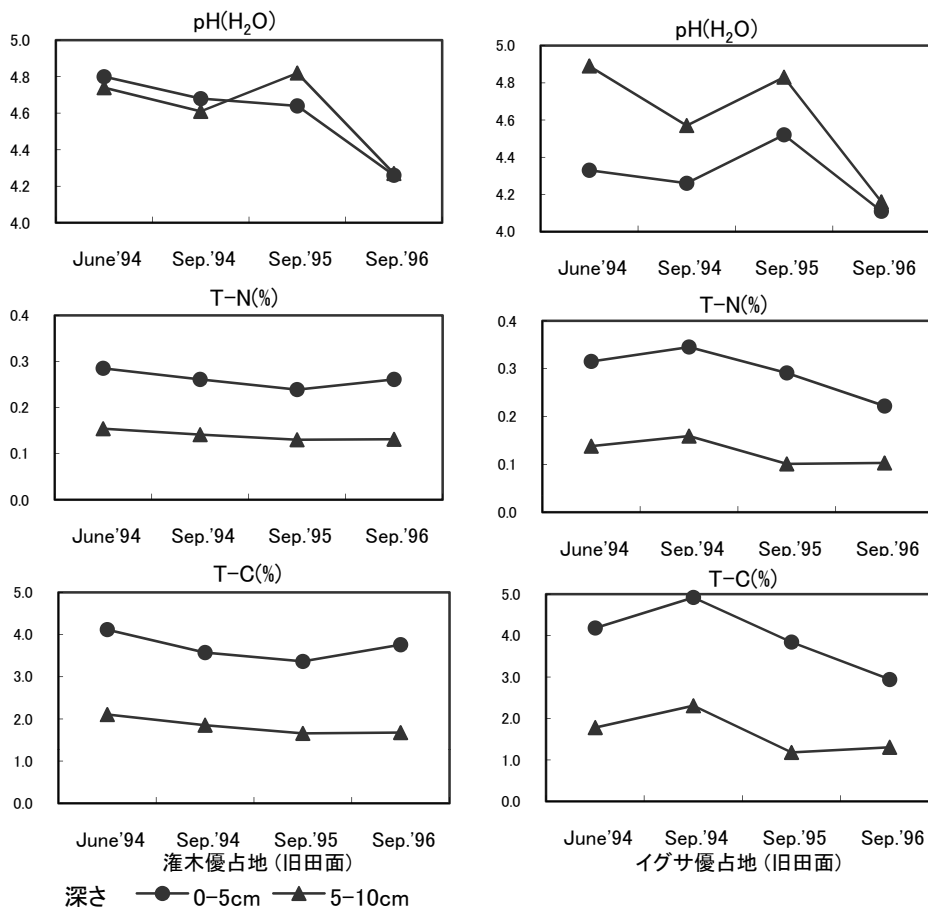
深さ0～10cmにおける土壤硬度の変化を第9図に示した。試験開始時の土壤硬度は、灌木優占地の旧田面では14.3～14.4mmでイグサ優占地の旧田面では7.5～10.5mmであった。その後1995年の9月まで、各試験区とも土壤硬度が経時的に高まり、いずれも20

mm以上となったが、その変化の度合はイグサ優占地で特に顕著であった。1995年から1996年にかけては、いずれの試験区も土壤硬度に大きな変化はみられず、放牧開始後、1年以上を経過して安定した。

地下0～10cmの土壤のpH及び全窒素、全炭素含有率の変化を第10図に示した。土壤pHは、試験開



第9図 土壤硬度の変化



第10図 土壤のpH (H<sub>2</sub>O), T-N及びT-Cの変化



始時には4.3～4.9の範囲で、その後は各試験地とも概ね低下していく傾向が認められた。灌木優占地の土壌pHは、0～5cm層と5～10cm層の間に明らかな差はみられなかったが、イグサ優占地では1995年まで0～5cm層のpHが5～10cm層よりも明らかに低い値で推移した。しかし、1996年には差が見られなくなった。

土壌の全窒素含有率は、試験開始時には、0～5cm層が0.29～0.32%、5～10cm層が0.14～0.15%と、0～5cm層で高い値を示した。その後はいずれの試験地も横ばいか、わずかに低下する傾向が認められたにすぎず、一貫して5～10cm層よりも0～5cm層で高く推移した。土壌の全炭素含有率は、試験開始

時には、0～5cm層が4.1～4.2%、5～10cm層が1.8～2.1%と全窒素含有率の場合と同様、5～10cm層よりも0～5cm層で値が高く、その後の推移も全窒素含有率とほぼ同様の傾向を示した。

## (2) 植生及び現存量

灌木優占地及びイグサ優占地の主要な草種の被度及び植被率、裸地率の変化を第15表、積算優占地(SDR<sub>2</sub>)を第16表に示した。シバを植えて3カ月後の1994年9月の灌木優占地とイグサ優占地の旧田面部におけるシバの被度は植付け時の被度1.4%に比べてほとんど変化がなかった。また、1994年は、灌木優占地では、ススキ (*Miscanthus sinensis*)、イ

第15表 主要草種の被度及び植被率、裸地率の変化

草種	灌木優占地(旧田面)			イグサ優占地(旧田面)		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996
(被度)	%					
シバ	2.4	14.0	45.8	2.8	26.3	45.8
アブラガヤ	7.0	12.1	7.9	1.0	1.5	4.0
ススキ	7.6	2.2	2.0	1.0	0.3	1.0
ヤハズソウ	1.0	2.9	5.2	-	0.8	0.8
トウバナ	3.1	5.9	3.0	1.5	6.5	1.0
イグサ	1.6	1.1	0.6	2.5	4.0	5.8
ヒメクグ	-	-	0.2	3.3	1.0	5.3
スゲ類	0.3	5.7	2.4	-	6.8	0.8
ツボクサ	-	2.7	2.4	1.0	5.8	0.8
植被率	37.2	69.1	85.1	20.0	58.8	83.8
裸地率	68.1	36.6	20.3	85.0	46.3	22.5

注) 調査は旧田面部のみ。シバは1994年6月に植え付け、調査は毎年9月に行った。

第16表 積算優占地(SDR<sub>2</sub>)<sup>1)</sup>の上位5種の変化

灌木優占地(旧田面)		イグサ優占地(旧田面)	
草種	SDR <sub>2</sub>	草種	SDR <sub>2</sub>
(1994年)			
ススキ	100.0	イグサ	87.9
アブラガヤ	41.7	ヒメクグ	60.2
コナラ	37.3	シバ	56.8
トウバナ	22.1	ササガヤ	51.6
スズメノヒエ	17.6	ススキ	44.0
(1995年)			
アブラガヤ	93.2	シバ	68.6
シバ	68.0	イグサ	57.6
トウバナ	54.1	スゲ類	32.1
スゲ類	43.4	トウバナ	27.3
ヤハズソウ	39.7	アブラガヤ	25.7
(1996年)			
シバ	71.6	シバ	70.4
アブラガヤ	52.9	ダンドボロギク	50.6
ススキ	52.2	イグサ	50.5
キンエノコロ	39.8	アブラガヤ	39.8
ヤハズソウ	36.4	ススキ	25.4

注1) SDR<sub>2</sub> = (草丈比数H' + 被度比数C') / 2.

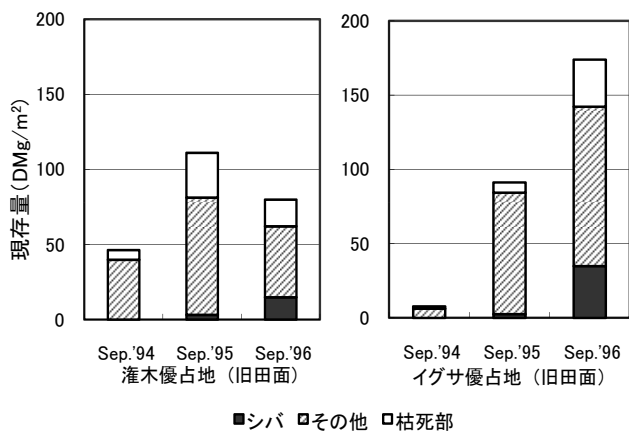
グサ優占地では、ヒメクグ (*Cyperus brevifolius*) の被度が最も高く、被度及び草丈から算出した積算優占地 (SDR<sub>2</sub>) はそれぞれススキ、イグサが第1位を示した。1994年の植被率は、灌木優占地及びイグサ優占地の旧田面部とも40%以下であり、裸地の多い状態であった。

1995年になるとシバが広がり始め、シバの被度は灌木優占地の旧田面部では14.0%、イグサ優占地の旧田面部では26.3%となり、出現植物の中で最も被度が高くなった。また、他の草種も繁茂したため、両試験地とも植被率が著しく増加した。SDR<sub>2</sub>からみると、イグサ優占地ではシバが1位となり、灌木優占地の旧田面部では、アブラガヤ (*Scirpus wichurae*) が1位、シバは2位であった。

1996年には灌木優占地及びイグサ優占地の旧田面部のシバの被度は、いずれも45.8%となり、シバがSDR<sub>2</sub>の1位を占め、また、植被率も80%を越えた。

3年間を通じて被度が増加する傾向にあった草種は、灌木優占地の旧田面ではヤハズソウ (*Lespedeza striata*)、イグサ優占地ではアブラガヤ及びイグサであった。

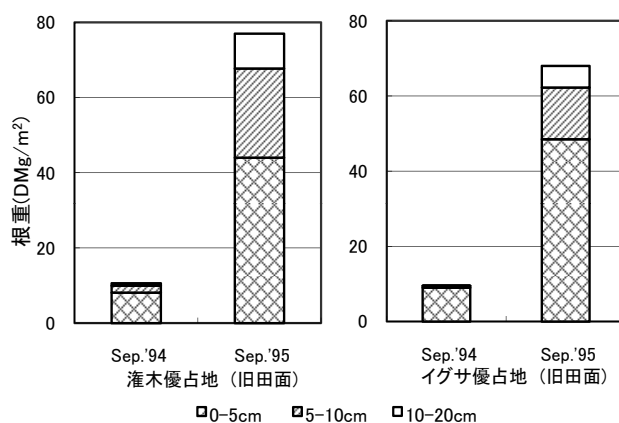
毎年9月の地上部現存量を第11図に示した。1994年の灌木優占地及びイグサ優占地の旧田面部の現存量は少なく、特にイグサ優占地の値はごくわずかにすぎなかった。両試験地とも1995年には現存量が大きく増加したが、シバの占める割合は2.8~2.9%と低い水準にとどまった。灌木優占地及びイグサ優占地の旧田面部とも1995年から1996年にかけてシバの現存量が大幅に増加したものの、全体に占める割合



第11図 地上部現存量の変化

はそれぞれ18.5, 20.1%にとどまった。一方、灌木優占地の法面の現存量は年次によって変動が大きく、また、シバはみられなかった。

1994年と1995年のシバの層別根重を第12図に示した。1994年は灌木優占地及びイグサ優占地の合計根重は10.6 g/m<sup>2</sup>, 9.6 g/m<sup>2</sup>と少なく、特に深さ5 cmより下の根重はごくわずかであった。1995年には両試験地とも根重は77.0 g/m<sup>2</sup>, 68.0 g/m<sup>2</sup>と著しく増加し、また、深さ10cm以下にも多量の根が伸長していた。



第12図 シバの層別根重の変化

### 3) 考察

棚田は、地形的条件から耕作放棄後も多湿である場合があり、放棄水田を放牧草地としてみると、すでに乾田化している場合には問題が少ないが、泥濘化を防ぐためにある程度の排水性の改善処理が必要である。本試験の対象地も周囲からの流入水があり、試験開始時の旧田面部は多湿な状態にあったため、明きょを掘り、排水に努めた。その結果、排水対策の効果が認められ、土壤の乾燥化が促進された。排水方法については、本試験では明きょとしたが、放牧牛の行動が制限されることはなかった。しかし、排水路が放牧牛の歩行等により崩れ、浅くなる場合もみられたことから、明きょにした場合は定期的に補修を行う必要がある。

本試験では土壤の物理性として三相分布及び硬度を測定した結果、経年的に旧田面部の土壤硬度と固相の割合が高まる傾向が認められた。これには土壤の乾燥化も関与しているが、放牧地では牛の踏圧に

よる土壤の緻密化が著しいことが知られており<sup>58)</sup>、放牧牛の踏圧による影響が相当に大きかったものと推察される。トールフェスク草地では放牧に伴い、地下0～10cm層の固相が増加し、気相の割合が低下するとともに、硬度が急激に高まる傾向がある<sup>67)</sup>。本試験では固相の割合及び硬度については同様の傾向がみられたが、気相の割合についても放牧開始後に増加する傾向がみられた。これは排水処理にともなう液相の急激な減少が結果的に三相分布における気相の増大に結びついたためであると推察される。土壤硬度は、放牧開始後1年以上を経過して安定した。

一方、土壤の化学性について、上述のトールフェスク草地の結果<sup>67)</sup>と比較してみると、本試験の両試験地の土壤pHは、トールフェスク草地の値とほぼ同程度で、また、土壤の全窒素含有率及び全炭素含有率は牧草地の値よりも高く、特に0～5cm層で顕著な相違が認められた。水田土壤の全炭素及び全窒素含量は、休耕年数が増すにつれて増加するといわれており<sup>3)・66)</sup>、本試験の試験地の全窒素及び全炭素含有率が高かったのは、休耕期間中に植物遺体が土壤に還元され、有機物が蓄積されたためと推察される。試験地の土壤の全窒素及び全炭素含有率は、経年的に横ばいか、わずかに低下する傾向を示したが、低下した理由は利用にともない、蓄積した有機物の分解が進んだためであると推察される。

耕作が放棄された水田は、土壤、地形、排水の良否、気象環境によっても異なるが、一般的にその地域の潜在植生に向かって遷移する<sup>55)</sup>といわれ、休耕田では3年目頃から大型多年草雑草や山野草が侵入し始め、10年以上で完全に優占し、群落化する<sup>3)</sup>と報告されている。また、湿性の立地ではヨシを中心とする水湿植物が長期間優占するといわれている<sup>64)</sup>。イグサ優占地は、土壤が著しく多湿であったためイグサが繁茂し、灌木優占地では部分的に乾燥地が存在していたため灌木類が生育していたと推察される。

本試験では、灌木優占地については、前植生を刈払い、搬出したのみであったが、イグサ優占地については除草剤の散布を実施した。これは、イグサが放牧牛にあまり採食されずにシバの生育を抑圧する危険性があったためである。除草剤の散布によって

イグサはほぼ姿を消したが、その一方で、裸地率が著しく高い状態で推移することとなった。「Ⅲ-1シバ草地化の速度に及ぼす寒地型牧草の播種の影響」において牧草の播種はシバの広がりや抑制し、早期のシバ草地化を図るためには、他の草種との競争がないほうが好ましいことが明らかになった。しかし、裸地率を高くすることは、土壤の保全や飼料の確保という点からは問題がないわけではなく、できるだけ前植生の抑圧には除草剤を使わないほうが望ましい。

シバは、土壤の硬度には耐性がある<sup>36)・50)</sup>ものの、高地下水位及び日照不足に弱いといわれている<sup>36)・46)</sup>。本試験において移植したシバの根重は、土壤硬度が高まった1995年に大きく増加しており、本試験地で見られた程度の硬度はシバの根の伸長を大きく阻害することはないと考える。また、シバが2年目以降急速に広がったのは、旧田面の土壤の乾燥化が進んだためと放牧牛の採食により他草種の草丈が低く抑えられていたためであると推察される。無追肥条件で放牧を毎年行くとシバ草地が形成されるといわれており<sup>51)</sup>、今後もさらに放牧を続けた場合、シバの被度がより高まると予想される。

なお、本試験では、シバの被度が高まった1996年においても、現存量中のシバの割合がかなり低い水準にとどまったが、これはシバが放牧牛により頻繁に強く採食され、低い草丈の状態であったためである。また、灌木優占地では経年的にススキの被度が低下する傾向がみられたが、これは放牧牛の採食の影響が再生力の弱いススキに大きく現れたと考える。

本試験では灌木類の萌芽の刈払い、イバラの除去を実施するとともに、不食過繁地が生じたので掃除刈りを行った。これらの作業は、植生や放牧圧によって程度は異なるものの、シバ導入後1～2年は必要であった。今後は、この期間のより省力的な施業方法を検討していく必要がある。

#### 4) 摘要

耕作が放棄され、灌木類及びイグサが優占する棚田跡地の前植生を刈払い、除草剤散布によって抑圧し、排水処理した後、シバを導入し、放牧で管理した場合の土壤環境及び植生の変化を3年間にわたっ

て調査した。

シバを導入し、放牧管理することによって旧田面部では深さ0~10cmの土壤の液相の割合が減少し、固相または気相の割合が高まるとともに、硬度が急速に高まった。旧田面部の深さ0~10cmの土壤のpHは試験開始から約2年間、概ね低下する傾向がみられ、全窒素及び全炭素含有率は、横ばいかわずかに低下する傾向がみられた。試験1年目は、旧田面部の植被率が低く、シバの被度も小さかったが、2年目からシバの被度が急速に高まり、3年目にはシバの被度が45.8%となった。旧田面部の地上部現存量は、試験1年目は少なく、特に除草剤散布区ではわずかであった。シバの現存量は2年目から3年目にかけて高まった。また、シバの根重は1年目から2年目にかけて著しく増加し、深さ10cm以下にも多くの根が伸長した。

## 2 落葉広葉樹林林床へのシバの定着に及ぼす立木による庇蔭の影響

放置された林地は、立木の成長が進む一方、間伐がなされないため、林内は暗く、林床植生の乏しい場所が多い。このような林地に林内放牧を行うと、短期間に放牧家畜の飼料草の不足を生じ、放牧牛への影響が大きく、また、土壤流亡等の問題も発生することになり<sup>26)</sup>、長期の放牧は困難である。この低牧養力を改善するため、林床に寒地型牧草を導入し、飼料確保を目的とした試験が行われてきた。その結果、間伐度合いを強めるほど導入した牧草の収量が増加すること、また草種によって庇蔭条件下での生育に差がみられることなどが報告されている<sup>11, 88)</sup>。さらに、林床植生を牧草に転換することにより、一時的に牧養力は向上するものの、牧草植生を維持するためには毎年施肥しなければならないこと、林内の寒地型牧草は硝酸態窒素含有量が高くなるため放牧家畜の嗜好性が低くなることなどの問題点が挙げられている<sup>12)</sup>。

一方、シバは日当たりの良い所では良好な生育を示すものの、庇蔭条件下では生育が低下することを、「II-1」で示した。このことからシバを林床に導入する場合、既存林木の間伐が必須となるが、光環境の変化する樹林地におけるシバの定着・生育と間伐強度との関係は十分な解明がなされていない。

そこで、本試験では、落葉広葉樹林を間伐して、立木密度を変えた林床におけるシバの定着及び生育について、主に光環境の観点から検討した。

### 1) 材料及び方法

中国農業試験場畜産部内の4.1haの野草放牧地内にある落葉広葉樹とアカマツ等が混在する1.1haの林地内に試験区を設け、1996年1月から1998年10月まで調査を行った。試験地である林地は傾斜度が約20°の西向きの斜面と一部平坦面から成り、以前から隣接する野草放牧地とともに放牧が行われていたが、試験開始前の林内は暗く、林床植生は乏しかった。

#### (1) 試験方法

1996年1~2月に、試験地内の全てのアカマツを伐採し、落葉広葉樹に関して、強、中及び弱に間伐して、立木密度の異なる3処理区（疎区：30本/10a、中区：44本/10a、密区：63本/10a）を設定した。この立木密度の設定には広葉樹の大径木生産混牧林の施業<sup>25)</sup>での立木密度20~40本/10aを参考にした。1区の面積は、40m×20mで、伐採木の殆どは処理区外に搬出したが、枝葉などの一部は処理区内で焼却した。試験地の立木の樹種はコナラが51%で最も多く、次いでエゴノキ（17%）、ヤマザクラ（15%）及びノグルミ（10%）が多かった。全樹種の平均樹高、平均胸高直径はそれぞれ9.1m、10.4cmであった。コナラは、平均樹高、平均胸高直径はそれぞれ9.8m、11.2cmと全樹種平均に比べて大きく、エゴノキは7.1m、6.8cmと小さかった。3月25~27日に処理区全面に対して15cm×15cmの大きさの市販のシバのソッド（品種不明）を1㎡当たり1枚の割合で植付けた。植付けは、土壤表層のリターを除去してソッドを置き、10cmのプラスチック杭で固定して行った。試験は1区制で行った。

試験地には、毎年4月下旬~12月上旬の期間に黒毛和種成雌牛3頭を周囲の野草地及び林地とともに定置放牧した。放牧強度は、500kg成牛に換算して1996年は166CD、1997年は143CDに相当し、1998年は最終調査時の10月29日までの期間で133CDであり、その後も放牧を継続した。放牧牛の行動調査（1996年と1997年の5月、7月及び9月に24時間連

続で調査) から、試験地のある林地に家畜がいた時間は平均88分/日であり、林内での採食時間は平均40分/日であった。なお、伐採した落葉広葉樹の萌芽及び木本類等が繁茂したため、1996年9月19日、1997年6月13日、8月7日及び1998年8月6日に掃除刈りを実施した。刈払った枝葉等は放置した。

## (2) 調査方法

### a シバの活着及び生育量

1996年6月4日に各処理区内からランダムに選んだ100枚のソッドを対象に緑葉が存在するソッドの数を数え、植付けたシバの活着率を求めた。また、シバの冠部被度(被度)について各処理区3カ所の固定したコドラート(1m×1m)において1996年6月5日、9月10日、1997年9月3日及び1998年10月28日に調査した。

実験終了時のシバの生育状況を把握するため、1998年10月29日に各処理区4カ所ずつ、シバが生育している地点において縦10cm、横10cm、深さ10cmの土柱を掘り取り、水洗して70℃で乾燥し、シバの全乾物重を測定した。

### b 推定葉面積指数及び光量子束密度

各処理区全体の平均的な立木による遮蔽度合いを比較するため、1996年10月30日及び1998年10月14日に、プラントキャノピーアナライザー(LI-COR社製、LAI-2000)を用いて地上約10cmで立木の推定葉面積指数(以下、ELAI)を測定した。本装置は、490nm以下の波長の光をセンサー部の魚眼レンズで測定し、遮蔽のない場所での測定値と比較して太陽光の遮蔽程度を算出した後、放射移動モデルを用いて葉面積指数を算出する機構を備えており、イネ及びダイズ等での報告例がある<sup>92,93)</sup>。本試験では立木落葉樹の葉面積指数の実測値は測定していないため、本機による葉面積指数の推定値には若干の誤差が含まれると推定される。しかし、立木の遮蔽度あるいは林床の明るさの相対的比較には利用できると考え、採用した。なお、立木による林床の庇蔭強度は測定位置によって大きく異なると考えられるため、各処理区とも10mの直線をランダムに5本とり、直線上を1m間隔で測定し、平均の測定値を用いた。

ELAIは林床植物の受光条件を決める指標となり

うると考えられるが、林床に届く実際の相対受光量も林床の光条件を示す重要な要因と考える。そこで林内の特定の地点の一定期間内の相対受光量(相対光量子束密度)を1997年の4月15日～5月7日及び7月2日～31日の晴天日に、光量子センサー(LI-COR社製、LI-190SA)を用いて測定した。すなわち、各処理区3カ所の光量子束密度(以下、これを日射量と称する)について、連続測定法<sup>4)</sup>により林外及び地上約10cmの高さでそれぞれ60秒間隔の24時間積算値を測り、相対光量子束密度(以下、RPFDMまたはこれを相対日射量と称する)を求めた。

### c 林床のリター量

1996年3月、9月と1997年及び1998年の9月に各処理区とも、ランダムに1m×1mのコドラート枠を4カ所設けて、土壤表層の未分解の落葉、落枝等からなるリター層の部分の採取し、70℃で乾燥した後、リター量とした。

## 2) 結果

### (1) シバの活着、生育及び植生の推移

第17表に各処理区に植付けたシバのソッドの活着率を示した。活着率は、疎区75%、中区86%、密区98%であり、立木密度が高いほど高かった。

第17表 シバの活着率

処 理	活着率(%)
疎区	75
中区	86
密区	98

第18表に林床におけるシバとシバ以外の植物の被度の推移を示した。シバの被度は、伐採年の1996年にはいずれの処理区も4%以下で推移したが、1997年には、立木密度に対応した増加を示し、疎区では中区及び密区よりもかなり高くなり、35%以上となった。1998年10月には、疎区ではほぼ60%に達したが、他の区では30%以下にとどまった。シバ以外の植物の被度は1996年6月には28～38%であったが、同年の9月にはいずれの処理区も50%以上に増加した。その後、シバ以外の植物は1998年10月には疎区では37%に低下したが、中区及び密区では50%以上の高い値であった。なお、主な草本類はスゲ類、ア

第18表 シバ及びその他の草種の被度の推移

処理	草種	被度(%)			
		1996年6月	1996年9月	1997年9月	1998年10月
疎区	シバ	1.7	3.0	36.7	58.3
	その他	38.0	61.4	54.9	37.3
中区	シバ	2.0	2.7	20.0	26.7
	その他	35.4	80.6	63.0	65.9
密区	シバ	2.0	3.3	15.0	28.3
	その他	28.1	55.6	70.1	58.5

第19表 シバの乾物重

処理	乾物重 (g/m <sup>2</sup> )
疎区	573 (413-882)
中区	514 (470-591)
密区	397 (360-470)

注1) 数値は平均値 (最小値-最大値).  
 2) 地上部及び地下部の合計.

ブラガヤ、ヘクソカズラ (*Paederia scandens*) 及びトウバナ (*Clinopodium gracile*) であり、木本類はヤマツツジ (*Rhododendron obtusum*) 及びノグルミであった。

第19表に最終調査時である1998年10月29日のシバの乾物量を示した。疎区及び中区に比べて密区のシバの乾物重は少なかった。

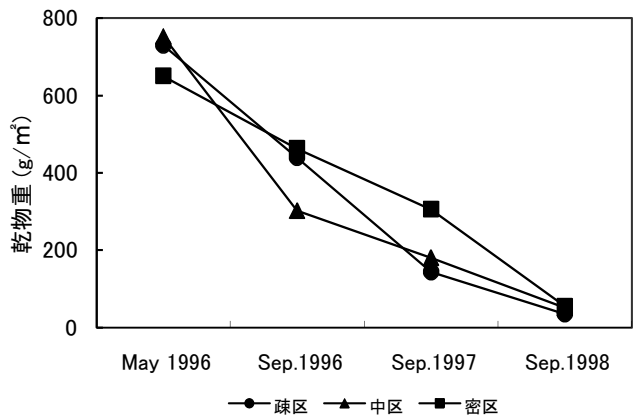
(2) 林床の光環境及びリター量

第20表に立木のELAI及び林床のRPFdを示した。伐採年(1996年)の10月のELAIは、それぞれ疎区0.40、中区0.74、さらに密区0.96と、全体に1以下の低い値を示したが、立木密度が高くなるほどELAIは高くなる傾向がみられた。伐採2年後の1998年10月にはいずれの処理区も伐採年に比べてELAIが高まり、この間の増加率をみると、疎区の23%に比較して中区及び密区ではそれぞれ49%、37%と高くなった。なお、いずれの処理区とも測定場所によってELAIにバラツキがみられた。

伐採翌年の1997年の林床のRPFdは、4月～5月

には疎区94.8%、中区90.6%及び密区62.4%と、相対的に高い値を示したが、7月では疎区83.4%、中区71.4%及び密区33.0%と、いずれの処理区も低下した。特に中区及び密区の立木が多い処理区での低下が大きかった。なお、各処理区の測定場所間の偏差は7月の密区で最大30%近くになった以外は小さく、概ね10%以内であった。

第13図に林床のリター量の推移を示した。リター量は立木伐採直後の1996年3月には650~753 g/m<sup>2</sup>であったが、9月には302~463 g/m<sup>2</sup>といずれの処理区とも半減した。その後リター量はいずれの処理区とも経年的に減少し、1998年10月には36~56 g/m<sup>2</sup>と試験開始時の10%以下となった。



第13図 林床のリター量の推移

3) 考察

(1) シバの活着率に及ぼす立木密度

本試験では3月下旬にシバの植付けを行い、その6月上旬の活着率は、立木密度が高い区ほど高い値を示す結果を得た。この原因としては下記のことが考えられる。立木密度が高い処理区では林内へ入射する日射量が相対的に少なくなり(第20表)、表層土壌からの蒸発が抑制され<sup>4)</sup>、土壌水分が保持され

第20表 立木の推定葉面積指数 (ELAI) 及び相対光量子束密度 (RPFd)

処理	ELAI		RPFd (%)	
	1996年10月30日	1998年10月14日	1997年4月15日-5月7日	1997年7月2日-31日
疎区	0.40 (0.15-0.74)	0.49 (0.31-0.68)	94.8 (93.5-96.4)	83.4 (81.4-86.1)
中区	0.74 (0.58-0.94)	1.10 (1.02-1.18)	90.6 (88.1-92.5)	71.4 (66.1-75.6)
密区	0.96 (0.75-1.41)	1.31 (1.08-1.52)	62.4 (56.5-65.7)	33.0 (19.6-48.7)

注) 数値は平均値 (最小値-最大値).

た結果、植付けたシバの活着が良好になった。平吉・松村<sup>15)</sup>は、シバ草地への庇蔭は1～2ヶ月間はシバの成長に好影響を与えた後、その後は成長を阻害したと報告している。本試験開始時の密区程度では、庇蔭によりシバの活着は阻害されず、むしろ活着のためには促進の効果があったといえることから、移植後2～3ヶ月目のシバ苗の活着についても、庇蔭による日射不足の影響は小さいと考える。中区、疎区では密区に比べ若干活着率が劣るものの後述するシバの生育状況から判断すると、4月に本試験並の雨量(47mm)が確保されるならば、シバの活着には支障は生じない。

## (2) シバの生育に及ぼす林床の光条件

活着後のシバの被度は、疎区において、植付け2～3年目に著しく高くなった。中区、密区においても増加がみられたものの、その割合は疎区に比べ明らかに小さかった。また、立木による日射の遮蔽が少ない場所ほどシバの生育が良い傾向が認められた。さらに、最終調査時のシバの地上部及び地下部の生育量(第19表)においても密区・中区よりも疎区が優っていた。これらのことをELAIとRPFIDによる林床の光環境の観点から把らえると、次のように考察される。遮光処理はシバの生育を大きく阻害することが報告されており<sup>19)</sup>、立木による庇蔭割合の大きい密区・中区では、試験開始時には活着率は若干優れているものの、その後の発育段階においては光合成が抑制され、生育が劣った。一方、疎区においては立木のELAIが伐採年(シバ植付け年)の1996年の10月の測定時では0.40と低く、RPFIDにみられる林床の相対日射量は立木の展葉が十分完了した1997年7月でも平均値としては80%以上を維持していた。このように疎区の林床の受光条件は密・中区より優れており、疎区では林床のシバはかなりの日射を受けて、良好な生育を維持できたと推察される。

落葉広葉樹林の伐採後に発達するミヤコザサ群落では、シバ導入後、毎年無追肥条件で放牧を行うことにより、シバ草地が形成されるとの報告もあり<sup>51)</sup>、本試験でも放牧に加え、掃除刈りも行ったためシバと競合する木本や草本類の草丈が低く抑えられ、受光条件の良い疎区では、シバの生育が良好であった

と推察される。

移植によってシバ草地を造成する場合には造成1～2年目の雑草対策として年数回の掃除刈り、またはそれと同等のかなり強い放牧圧を必要とする<sup>69)</sup>と報告されている。本試験では雑灌木の再生が観察されたため、放牧に加えて掃除刈りを年1、2回実施した。この掃除刈りがシバ草地化の促進に有効な影響を与えたと推察される。本試験で採用した程度の放牧強度、すなわち放牧家畜にダメージを与えない林内放牧においては、シバ草地化には掃除刈りが必要となる。

ところで、本試験の疎区でも立木のELAIは伐採1年目の10月の0.40から3年目の10月には0.49と増加した(第20表)。したがって、疎区においても経年的に立木の成長により、樹冠が閉鎖し、林床の光環境が悪化し、次第にシバの生育が衰えてくる可能性がある。このためシバ植生の維持にはその後の立木による庇蔭を抑えるために、さらなる間伐あるいは枝打ち等を必要とする。なお本試験においては、立木の成長に関する樹高及び胸高直径の調査は、試験開始後には実施していないので、樹木の生育に関する評価はできない。今後、間伐及び放牧が立木の成長に及ぼす影響について、長期にわたる調査が必要であり、シバ植生の維持及びシバの生産性、飼料成分と立木の成長による庇蔭強度の関係についても明らかにする必要がある。

本試験においては各試験区の庇蔭の度合いはELAIやRPFIDの平均値で示したが、その値は処理区の中でも場所によってかなり異なっていた。疎区においては、立木の間隔が広く空いており、また立木によって庇蔭される部分が一日のなかで時間とともに移動するため、長時間強く庇蔭される部分は少ない。そのため、試験終了時には被度58%に達し、概ね全面にシバが広がったものと推察される。これに対して中区及び密区においては樹冠が閉鎖し全く日が射さない部分と、立木から離れているため長時間日射を受ける部分が存在し、パッチ状にシバが広がった所もあった。このように処理区内においても光の条件等が不均一でシバの生育にもバラツキが観察された。しかし本試験では1区制しか試験区を設定できず、現地実証的な試験結果であり、その結果を複数の地点を調査して代表する値を平均値で示

し、結果を考察した。

### (3) シバの生育に及ぼすリターの影響

林地の地表面には多量のリターが堆積している。これまでに15～20年生の落葉広葉樹林では、伐採跡地には、未分解の落葉が690DMg/m<sup>2</sup>、分解の進んだ落葉が2,240DMg/m<sup>2</sup>存在したとの報告もある<sup>60)</sup>。本試験においても、試験開始には700g/m<sup>2</sup>前後のリターが存在したが、シバを植付ける際は植付け部分のリターを除去して行った。しかしながらその後、いずれの処理区とも時間の経過とともにリターは減少した。本試験地においては、立木から落葉により、毎年リターが供給されているものの、樹木の伐採時には地表面温度の上昇もあり、有機物分解が促進されたと考えられ<sup>31, 89)</sup>、また、放牧牛による攪乱も加わり、供給量よりも分解量が上回った。しかし、本試験ではリターを除去した試験区は設けていないため、リターの存在が地温やシバの根及びほふく茎の伸長に及ぼす影響については今後の研究を待たねばならない。

以上のように、落葉広葉樹林の林床に植付けたシバの活着そのものには、供試した立木密度の範囲では立木が多いことによる阻害は認められなかった。しかし、活着後の生育は立木密度が低く、庇蔭が少ないほど良好となることは明白である。すなわち、シバ草地化が進んだ疎区では樹高約9mの立木が30本/10a存在し、伐採後3年目の10月の立木のELAIは0.49、2年目のRPFは立木の展葉後の7月の値が83.4%を維持していた。この程度の立木密度であれば、林床へのシバ植生の導入は、掃除刈りが不可欠ではあるものの、比較的容易である。

### 4) 摘要

落葉広葉樹林を間伐して3段階(30, 44, 63本/10a)の立木密度を設定し、林床に導入したシバの定着と生育の経過を3年間にわたり調査した。

シバの活着率は、立木密度が高く、庇蔭割合が大きい処理区ほど高い傾向が認められた。これは立木密度が高いほど植付け後の土壌の乾燥が抑制されたためであると推察された。シバの被度は、いずれの処理区も初年目には低く推移したが、植付け2年目

及び3年目になると立木密度の低い処理区ほど高くなり、立木密度30本/10a区では3年目の10月には58%に達した。植付け3年目の10月にはシバの生育量も立木密度が低い処理区ほど多かった。伐採年(シバ植付け年)の立木の推定葉面積指数(ELAI)は、処理区間の差は大きくないが、立木密度が高い処理区ほど高い傾向が認められた。また、いずれの処理区においても経年的に立木による庇蔭の割合が増加する傾向がみられた。ELAIの値は、本試験期間を通して、立木密度の低い処理区ほど小さい傾向にあり、林床の相対日射量も、伐採2年目7月の調査では立木密度30本/10aの粗密度区の林床では80%以上を確保し、他の中・高密度区より、林間の光透過率が良好であり、高い受光量であった。

林床のリター量は試験開始時に約700g/m<sup>2</sup>あり、2年後の10月にはいずれの密度区でも10分の1以下に減少した。また、処理区間の差はいずれの時期においても小さかった。

以上のことから、供試した立木密度の範囲ではシバの活着率は立木による庇蔭によって若干の差はあるものの、活着率の差がシバ植生の形成に及ぼす影響は認められない。シバ植生の形成において、重要なことはシバ活着後のほふく茎の伸張による被度の拡大であり、その活性を生み出す葉身による有機物の生産を高めること、すなわち光合成能力を高めることである。シバはC<sub>4</sub>植物であることから、できるだけ高強度の光環境下での生育が望ましい。本試験においては、樹高9m程度の広葉樹林では立木密度30本/10aの疎林状態であれば、シバにとっての光環境としては実用上障害とならず、比較的容易に林床をシバ植生に転換できると結論された。

### 3 除草剤散布法及び刈払い法を用いたワラビ優占草地へのシバ導入法の検討

ワラビ(*Pteridium aquilinum* L.)は、放牧草地では一般的には不食草であり、牧草の再生力が過放牧や過少放牧などの不適切管理で低下してくると、繁茂してくる草地の強害雑草の一つである<sup>57)</sup>。また、家畜の必要とする草量が不足してくると家畜がそれを採食し、中毒に陥ることがある<sup>13)</sup>。これは、汎骨髄癆といわれ<sup>13)</sup>、中毒成分としてプタキロサイドが挙げられ、造血臓器、特に骨髄の機能が障害され、



再生不良性貧血を発症する中毒である<sup>87)</sup>。日本の中山間地域の草地及び林内草地には、この雑草が繁茂し、利用を中止させられた牧場も多い。このような荒廃草地の簡易更新には、精緻な管理利用を必要とする外来の牧草ではなく、日本の環境に適応し、家畜の放牧圧だけで維持可能な在来野草であるシバが有望である。シバとワラビとの関係については、それぞれの種の特性として次のように考察できる。

シバはほふく茎で網状にマットを形成し、物理的にワラビの出葉を抑えるという<sup>80)</sup> 利点もあるが、逆に、シバは庇蔭に弱く(Ⅱ-1 地下水水位、日射条件及び斜面の方位・傾斜角度がシバの生育に及ぼす影響)、ワラビが優占した草地では、ワラビの茎葉に庇蔭されて地表面への太陽光の透過が少なくなるため、生育が抑圧される<sup>36)</sup> 可能性もある。これらの特性を考慮し、シバの導入に当たっては事前にワラビを十分に抑圧しておく必要がある。

これまでに、ワラビに対する除草剤としてアシュラム散布の効果が高いとされている<sup>56,79,99)</sup>。刈取りによるワラビの抑圧に関しては、年3回、3年間の刈取りでは根絶しえないと報告されている<sup>79)</sup>。しかし、これらの研究は、草地に侵入したワラビを抑圧することを主目的としたものであり、ワラビが既に優占してしまい、牧草類の植生がかなり消失した草地を対象としたものでない。そのような衰退草地では、ワラビの抑圧と同時に、新たな牧草の導入・定着を必要とするが、これに対応する研究は、これまでにみられない。

そこで、本試験ではワラビ優占地において、ワラビを抑制するとともに、新たにシバを導入し、植生の転換を目的とした。優占しているワラビの抑制法として、除草剤のアシュラムを散布する方法とワラビを刈払う方法(刈払い法)とを採用し、比較した。さらに、それぞれの処理後にシバ苗を移植し、その定着及び生育を調査し、上記処理法の効果の評価を行った。

## 1) 材料及び方法

### (1) 試験地

中国農業試験場畜産部内の4.1haの野草放牧地内のワラビが優占している地点を試験地とした。この放牧地は全体的に、西-南西向きに緩やかに傾斜し

ており、林地、シバ優占地及び牧草と野草の混在地を含んでいた。1995年5月の試験開始時のワラビの被度は70%、本数は47.5本/m<sup>2</sup>、草丈は51.9cmであった。

### (2) 試験処理

処理区は、アシュラム散布区及び刈払い区を設けた。1区の面積は25m<sup>2</sup> (5 m × 5 m) で、2反復で配置した。

アシュラム散布区の処理量は、同剤(37%液剤)のワラビに対する標準使用量(370ml~555ml/10 a, 成分量)の下限である370ml/10 a (成分量)とし、10 a 当たり100Lの水に希釈し、1995年5月18日に噴霧器で散布した。その後、ワラビが枯れ始めた6月5日に、シバの発芽・定着に障害が生じないように地上部を刈払い、搬出した。刈払い区は、1995年の5月~10月に計6回(5月17日、6月19日、7月17日、8月17日、9月14日及び10月17日)、現存植生を地上約5 cmで刈払った。

1994年の10月12日に市販のシバのほふく茎をペーパーポットに移植し、ガラス室内で育成した。その苗を1995年6月9日に両処理区に50cm×50cm間隔で移植した。なお、移植は先端の尖った鉄棒で開けた穴にシバ苗を挿入し、足で踏みつけて行った。

### (3) 処理区の管理

処理区には、黒毛和種成雌牛を1995年は6頭、1996年及び1997年は3頭を周囲の野草地とともに定置放牧した。放牧期間は1995年には6月2日から10月中旬まで、1996、1997年には4月下旬から12月上旬まで、とした。放牧強度は、500kg成牛に換算して143(1997年)~191(1995年)CDに相当し、処理区内の植生が軽く採食される程度であった。処理区の周辺で繁茂するワラビの試験地内への侵入がみられたため、1996年には3回(5月17日、6月2日及び8月16日)、1997年には1回(5月2日)、これらの刈払いを実施した。

### (4) 調査方法

各処理区1カ所の固定したコドラート(1 m × 1 m)のワラビの本数を時期別に計7回調査(1995年は5月12日、7月17日、8月17日、1996年は5月17

日、8月16日、1997年は7月1日、9月24日)するとともに、シバ及びその他の出現植物の被度を年1回(1995年10月11日、1996年10月15日、1997年9月24日)調査した。さらに、移植したシバ苗の活着率を1995年7月12日に各処理区ランダムに選んだ50個体について調査した。

## 2) 結 果

### (1) ワラビの消長

両処理区のワラビの本数の推移を第21表に示した。処理年の8月にはアシラム散布区では2.0本/m<sup>2</sup>、刈払い区では12.0本/m<sup>2</sup>となった。アシラム散布区では処理後1年目の1996年8月に14.5本/m<sup>2</sup>に増加したが、処理後2年目の1997年7月の発生本数は1.5本/m<sup>2</sup>と少なかった。刈払い区は処理後2年目以降減少傾向がみられ、1997年には発生がみられなかった。

### (2) シバの活着及び植生の推移

移植33日後の1995年7月12日のシバの活着率とシバ、ワラビ及びその他の草種の被度の変化を第22表に示した。シバの活着率は、アシラム散布区が74%と高く、刈払い区の49%を上回った。

シバの被度は、アシラム散布区及び刈払い区では移植当年10月には、それぞれ1.5%、1.0%と低く、翌年から徐々に増加し、1997年9月には両処理区とも60%に達した。このことから両処理区とも、処理翌年以降、シバ草地化が早い速度で進行していると判断できる。これらと並行して、ワラビの被度は、アシラム散布区では散布後、一旦増加した後、減少に転じ、1997年10月には1.5%にまで低下した。一方、刈払い区では処理後、ワラビの増加は全く認められず、1996年10月以降は0%となった。また、両処理区においては、処理年の1995年にはヒメスイバ (*Rumex acetosella*)、スゲ類、ジャノヒゲ (*Ophiopogon japonicus*) 及びヒメクグ等の既存植生の被度が70%以上に急増したが、その後減少傾向を示し、1997年秋には30%台に低下した。

## 3) 考 察

本試験の刈払い区では処理年内に6回の刈払いを繰り返しているが、このような度重なる茎葉の除去により、ワラビは再生のための地下茎の貯蔵養分を消耗した状態で年を越すことになった。処理翌年の1996年に3回、1997年に1回、管理的に行った刈払いは、これら衰弱したワラビ地下器官の貯蔵養分を

第21表 ワラビの本数の推移

処 理	1995年			1996年		1997年	
	5月12日	7月17日	8月17日	5月17日	8月16日	7月1日	9月24日
アシラム散布	43.5a	0.5a	2.0a	6.0a	14.5a	1.5	1.5
刈払い	51.5a	15.5a	12.0a	2.5a	1.5a	0	0

注) 同列内の異なる文字を付した処理間にはTukey法により5%水準で有意差有り。

第22表 シバの活着率とシバ、ワラビ及びその他の草種の被度の変化

処 理	草種	活着率 (%) <sup>1)</sup>	被度 (%)		
		1995年7月12日	1995年10月	1996年10月	1997年9月
アシラム散布	シバ	74a	1.5	7.5	60.0
	ワラビ		2.5	16.5	1.5
	その他 <sup>3)</sup>		76.0	63.5	31.0
刈払い	シバ	49a	1.0	17.5	60.0
	ワラビ		2.5	0.0	0.0
	その他		71.5	70.0	35.0

注1) アークサイン変換した後有意差検定を行った。

2) 異なる文字を付した処理間にはTukey法により5%水準で有意差有り。

3) 主な草種はヒメスイバ、スゲ類、ジャノヒゲ、ヒメクグ及びオオアレチノギク。

一層消耗させる結果となり、ワラビ個体は消滅していったものと推察される。

アシラムは、ワラビの若齢葉に対して除草効果が高いとされるが<sup>99)</sup>、本試験での5月18日の処理は若齢葉の多発時に該当し、そのため、十分な除草効果が得られた。しかし、アシラム処理区では、処理直後にはワラビは速やかに薬剤により抑圧されるものの、地上部は若干、生き残っていた(第21表)。このことは、散布薬液の付着を免れたか、付着しても生理生化学的機構によりその除草効果が及ばなかったものであるが、いずれにせよ生き残ったワラビ個体が存在することを示している。これら、アシラム処理後も生き残ったワラビは、処理された当年はそれ以上刈払いを受けないため、越冬前に地下茎の貯蔵養分を一定程度、増加させることが可能であったと推察される。そのため、処理翌年以降は刈払い区と同じ数回の刈払いを受けるとはいえ、刈払い区のように完全に消滅するには至らなかった。

シバの活着率は、アシラム散布区が74%と高く、刈払い区の49%を上回った。この時点(1995年7月12日)の刈払い区のワラビの本数は15.5本/m<sup>2</sup>と、依然高水準を維持しており(第21表)、ワラビとの競合の影響を受けた可能性が大きい。一方、アシラム散布区では、アシラム処理によりワラビ密度が著しく減少した後にシバが移植されるため、ワラビとの競合が少なかったといえる。このようなシバ移植直後のワラビの残存量の違いが起因して、アシラム散布区の活着率が刈払い区より高くなったと推察される。

シバの被度は、アシラム散布区及び刈払い区とも徐々に増加し、1997年9月には60%に達した。シバの被度の動きについては、以下のように考察される。本試験期間中、両処理区においては家畜(牛)が放牧されていた。また、観察では植生の群落高は2.5~17.5cmと低く推移していた。このことから、処理直後にはワラビの減少に伴う光環境の好転により、ワラビを除く既存植生は生育空間が広がり、生育が促されると同時に、家畜に採食される機会が増大した。その際、地表近くにあるシバも一部は同様に採食されることになるが、これらの既存植生に比べてシバは放牧に強く<sup>15)</sup>、生育が抑えられることはほとんどないとみてよい(Ⅲ-2 シバ草地化に及

ばす導入後の放牧管理の影響)。このようにして、シバの受光条件は時間の経過とともに一層良好となり、2年目には急激に生育し、優占度を高めたものとする。なお、両処理区とも、前記したように主処理を行った翌年以降にも数回の刈払いを行っている。この処理は放牧条件下にあっても翌年以降に生き残ったワラビや再生してくるその他の植生の除去及び試験地周囲から侵入するワラビの抑圧を目的として行ったものである。そのため、厳密には本試験ではアシラム処理区はアシラムの処理及びその後の刈払い処理の効果も含むことになる。

なお、本試験では、アシラムは成分量で370ml/10a施用したが、梨木ら<sup>56)</sup>は成分量で350ml/10aで効果がみられたと報告しており、本試験の結果はこの報告と概ね一致した結果であった。

以上のように、ワラビ優占地にアシラム散布または刈払いを行った後に、シバ苗の移植を行い、その後の掃除刈りと放牧管理することにより、ワラビの再発を抑え、シバ草地化することが可能であった。なお、一旦、シバが優占し、ほふく茎がマット状に広がった後は、ワラビの出葉が抑えられるので、掃除刈りを繰り返す必要性は少なく、通常の放牧管理を継続すればシバ植生は十分に維持されると判断される。

#### 4) 摘要

ワラビ優占地にアシラム散布または刈払いを行った後に、シバ苗の移植を行い、その後の掃除刈りと放牧管理を行い、ワラビの消長とシバの広がりについて検討した。

アシラム散布区では、ワラビは処理により抑圧された後、処理翌年に増加したが、処理後2年目の発生本数は少なかった。刈払い区では、ワラビは2年目以降減少し、3年目は発生がみられなかった。シバの活着はアシラム散布区よりも刈払い区で低く、ワラビの競合の影響を受けた。シバの被度は処理翌年から増加し、3年目には両処理区とも60%に達した。アシラム散布区及び刈払い区ともワラビの発生を抑制し、シバ植生の優占化に有効に作用したが、1年間に6回の刈払いを行うことは、労働力が弱体化した中山間地域の農村の現状から困難であ

り、アシラム散布による方法が現実的である。

## V 総合考察

我が国において輸入飼料に依存しない低コスト肉牛生産を行うためには放牧飼養を取り入れることが有効な方法の一つである。さらに、過疎化、高齢化が進行している中山間地域においては、増加している遊休農林地の植生管理を兼ねた利用技術として肉用牛の放牧が省力的で現実的な方策である。

遊休農林地を放牧利用するにあたっては、傾斜地が多い中山間地域では植生を放牧に適した草種に転換することが、土壌保全の観点からも重要である。放牧用の草種として、従来は寒地型牧草が主体に用いられてきたが、温暖地においては夏枯れによる植生の悪化が生じることから、センチピードグラス等の暖地型草種が取り上げられるとともに<sup>18, 47)</sup>、一部の地域で利用されてきたシバが見直されている。シバは、寒地型牧草と異なり無施肥で管理でき、更新等の必要がない<sup>21)</sup>ことから省力的かつ低投入な管理が可能である。これまでシバについては生態学的な植生遷移に関する研究<sup>39,51,94,95,96)</sup>や短期間に造成する研究<sup>32,70,75,76,77)</sup>が行われてきたが、多様な中山間地域の立地環境に応じた造成技術に関する詳細な研究は見られない。

シバにおける放牧方法として集約的な輪換放牧よりも粗放的な定置放牧が適していることから、広い面積を1牧区として管理する方法が望ましい。そのため、中山間地域では耕作放棄された棚田跡地とともに、その周囲に存在する林地や野草地を一体的に利用することにより、広い面積の放牧地を確保することが可能になる。その場合、林地は間伐を行って林床にシバを導入し、野草地は有毒なワラビを防除することで、安全かつ土壌保全的な放牧利用が可能になる。また、放牧地内に林地が存在することにより放牧家畜の庇蔭林としての役割も期待できる。さらに、広葉樹林地については残存木数を200~400本/ha程度に間伐して放牧利用しながら、大径木を生産する方式が提案されており<sup>25)</sup>、家畜生産以外の生産が見込める可能性がある。

以上のような背景から、本研究では中山間地域の遊休農林地にシバを造成することを目的として、始

めにシバの生育に及ぼす立地環境の影響を検討し、地下水位、庇蔭割合、斜面の方位・傾斜角度、地表のリターの影響について明らかにした。次に管理方法がシバ植生の優占化に及ぼす影響としてシバ苗植栽時の寒地型牧草の播種の影響及び放牧管理の影響について明らかにした。さらに、得られた知見を基に耕作放棄棚田、広葉樹林地、ワラビ優占地にシバの定着・生育が向上すると考えられる処理を行ってからシバ苗を導入し、放牧管理することによるシバ草地化の可能性について、実証的に試験を実施した。以上の試験で得られた結果から、立地環境の変化とシバ草地化との関係について検討を加えて取りまとめた。

### 1 シバの生育に及ぼす立地環境の影響

棚田等の水田跡地は、放棄後も地下水位が高く、土壌が過湿である場合が多い。そこで、シバの生育と地下水位との関係について調査を行った。その結果、シバの生育は、地下水位20cmで栽培した場合に比較して同3cmの場合（過湿条件）、顕著な低下がみられた。土壌別では、赤黄色土よりも黒ボク土での栽培のほうが過湿による生育低下が著しかった。また、過湿条件下の生育に関して、シバの自生系統間には明確な差異は観察されなかった。これらの結果より、地下水位の高い場所へのシバの導入には、排水対策が不可欠であると判断された。

放牧対象林地が、斜面に立地し、林床内が低日照の場合には、林木の伐採が必要となるが、斜面の崩壊を防ぐ観点から、樹木の皆伐は避け、間伐を実施する必要がある。その後、明るくなった林床にシバを導入することが望ましいと想定される。また、中山間地域では、日当たりの悪い谷間の圃場が放棄されている光景が随所に見られる。上記の林床や谷間の圃場等においては、日射強度の低減及び日照時間の短縮が生じている。これらの地域へのシバの導入を考える場合には、シバと日射量との関係を明らかにしておく必要がある。そこで、庇蔭割合がシバの生育に及ぼす影響を調査した。その結果、終日弱い庇蔭処理（林床の相対日射量37.2%）を加えた処理区及び東西面からの日射を遮断した処理区では、終日強い庇蔭処理（相対日射量26.4%）を加えた処理区よりも生育低下割合は小さかった。また、庇蔭処

理による生育反応にはシバの系統間差異がみられた。これらの結果から、庇蔭割合が高い場所ではシバの導入にあたっては、日射環境を改善する必要があることが明らかになった。

中山間地域においてシバの導入対象地は、水田跡地を除けば傾斜地が多い。そこでシバを斜面に植付け、方位・傾斜角度と生育との関係について調査した。その結果、シバの生育は急斜面(27°)よりも緩斜面(15°)で良好であった。また、方位の違いでは東向きや西向きより南向きで良好であった。また、斜面に生育するシバのほふく茎の伸長方向性は、上向きより下向きが優位であり、傾斜角度が高いほどその傾向が強まった。これらの結果から、シバの導入には緩斜面が適しており、南斜面でシバが優占しやすいことが明らかになった。また、傾斜地でのシバの増殖に当たっては、傾斜地上部から下部へ伸長させるように苗の配置を考慮すべきであるといえる。

林床にシバを導入する場合、林床にはリターが厚く積もっていることが多い。また、間伐材や脱落した枝葉を林内において集積し焼却処理することも想定され、その場合には地表に多量の炭や灰が残ることになる。これらのことを想定し、リターや炭が移植したシバ苗の生育に及ぼす影響について検討した。その結果、シバ根部の生育はリターの存在で低下するものの、シバの茎葉部の生育には差異は認められなかった。地温は、日中にはリター区が無リター区及び木炭区よりも低く、夜間にはリター区が高い傾向がみられた。このような違いはみられたが、いずれにせよ、シバ地上部の生育への明確な差異は認められず、本試験からはリターの有無の功罪は結論できなかつた。木炭も地温上昇効果がみられものの、シバ苗の生育への影響はみられなかつた。以上より、林内の既存リター量の有無や間伐材の焼却により発生する炭灰の存在は、導入シバの定着・生育に大きな影響を及ぼすことはない結論される。

## 2 シバ草地化に及ぼす管理方法の影響

シバ草地の造成には、長期間を要するため、植生の現存量が少ない場所に放牧を継続しながらシバ草地を造成する場合、シバ草地化過程における放牧牛の飼料不足が発生する。そこで、シバ苗の植付け時

に寒地型牧草を同時に播種し、牧草を先行して定着・繁茂させ、その後徐々にシバを定着・繁茂させる方法を検討した。その結果、牧草無播種ではシバの広がりが早く、植付け2年目には被度が100%に達した。一方、牧草を播種した場合には、シバの被度は、10~77.5%と低く推移した。牧草播種区において、試験区の牧草の被度と最終調査時のシバの被度との関係をみたところ、植付け2年目の6~8月の牧草の被度とシバの被度との間に負の相関関係がみられた。したがって、草量確保のための寒地型牧草播種は、シバの生育に抑制的に働くので、既存植生に雑草が少ない条件下では、実施しないほうが、早期にシバ草地が完成する。これは、造成期間の短縮を図り、シバ草地化の欠点を補う視点から好ましい。

遊休農林地にシバ苗を移植した後は、既存の種との競合下で、放牧管理を実施しつつ、シバ草地化を図ることになる。そこで、放牧管理がシバ植生の優占化に及ぼす影響について、刈取管理と比較し、検討した。シバの生育は、植付け1年目には放牧管理と刈取管理の間に差がみられなかつたが、2年目には刈取管理ではメヒシバ等のイネ科雑草が繁茂し、シバが抑圧され、部分的に衰退した。放牧管理では採食や踏圧によりシバ以外の草種の生育が抑制され、シバの生育は良好であった。また、放牧により表土の緊密化が認められたが、シバの地上部の生育、根の生育及び生理的機能が抑制されることはなく、放牧管理下において約1年でシバが優占化した。したがって、シバ草地化を計るためには、刈取管理よりも連続放牧による管理が適していると判断できる。

## 3 シバを導入した遊休農林地の植生の変化

放棄後数十年が経過し、遷移が進行し、灌木類及びイグサが優占する棚田跡地にシバを導入し、放牧管理した場合の土壤環境と植生の変化を3年間にわたって調査した。既存の灌木類及び草本類を刈取り、旧田面の周囲に明きよを掘り、シバを張りシバ法で植付けた。4月~10月に放牧し、適宜掃除刈りを行った。その結果、旧田面部では深さ0~10cmの土壤層の三相構造において、液相の割合が低下し、固相または気相の割合が高まるとともに、土壤硬度が急

速に高まった。試験1年目には、旧田面部の植被率が低く、シバの被度も小さかったが、2年目からシバの被度が急速に高まり、3年目にはシバの被度が45.8%となった。旧田面部の地上部現存量は、試験1年目には少なく、シバの現存量は2年目から3年目にかけて高まった。また、シバの根重は1年目から2年目にかけて著しく増加し、深さ10cmよりも下層に多くの根が伸長した。したがって、すでに乾田化しているか、排水処理によって乾田化が可能な棚田は、シバ苗を導入し、放牧管理を継続することにより、シバ草地化が可能であると考察される。

かつて薪炭林等として利用されてきたコナラ等の落葉広葉樹林は、管理が放棄され、林内は暗く、下草に乏しい。これらの林床にシバを導入するために必要な間伐強度を検討した。樹高約9mの試験地林に、3種類の立木密度区(30本/10a, 44本/10a, 63本/10a)を設け、シバを張りシバ法で植付け、その後放牧管理を持続した。その結果、シバの活着率は、立木密度が高く、庇蔭割合が大きい処理区ほど高い傾向が認められた。これは、立木密度が高いほど植付け後の土壤乾燥が抑制されたことによると推察された。ソッドの移植によるシバの導入では、移植後の乾燥による苗の枯死が生じることがある。ポット苗の移植では十分な降雨がなくても高い定着率が得られたと報告されているが<sup>18)</sup>、根が少ないソッドの移植に際しては、降雨が期待できる時期に移植する、苗の一部を埋める等の方策により活着率が向上すると考えられる。また、3~4月のシバ苗は地上部が生育を停止した状態であるために乾燥に強いといわれており<sup>63)</sup>、この時期に移植を行うことにより高い活着率が期待できる。シバの被度は、いずれの処理区も初年目に低く推移したが、その後、試験2年目及び3年目になると立木密度の低い処理区ほど高くなり、立木密度30本/10a区では3年目に58%に達した。立木の推定葉面積指数(ELAI)では、処理区間にけるその値の差異は大きくないが、立木密度が高い処理区ほど高い傾向がみられ、経年的には立木による庇蔭の割合は増加した。さらに、林床の相対日射量も、伐採2年目7月の調査では立木密度30本/10aの粗密度区における林床では80%以上を確保し、他の中・高密度区より、林間の光透過率が良好であり、高い受光量であった。林床のり

ター量は試験開始時に700g/m<sup>2</sup>あり、2年後にはいずれの処理区も10分の1以下に減少した。以上のことから、樹高9m程度の広葉樹林では立木密度30本/10aの疎林状態であれば、シバにとっての光環境としては実用上障害とならず、比較的容易に林床をシバ植生に転換できると判断された。

ワラビは、放牧草地では一般的に不食草であり<sup>78)</sup>、草地の強害雑草の一つである<sup>56)</sup>。また、家畜が採食し、中毒に陥ることがある<sup>56,78)</sup>。ワラビ優占地へのシバ導入に当たっては、シバの庇蔭に弱い特性を考慮し、事前にワラビを十分に抑圧しておく必要がある。そこで、ワラビ優占地において、シバ植生への転換を目的として、除草剤のアシラムを散布する方法とワラビを刈払う方法を取り上げ、それらの効果及び比較を行った。本試験では、両処理がワラビの消長と、植付けたシバの定着及び生育に及ぼす効果をみた。アシラム散布によりワラビは処理直後には抑制され、その後、若干の増加を示したが、処理後2年目の発生本数は少なかった。刈払い法では、1年目に6回の刈払いを行うことにより、ワラビは2年目以降減少し、3年目は発生がみられなくなった。これは、度重なる茎葉の除去により、再生のための地下茎の貯蔵養分が消耗したためと考えられた。シバの活着はアシラム散布よりも刈払い区で低かったが、これはワラビとの競合の差異であると推察された。シバの被度は処理翌年から増加し、3年目には両処理とも60%に達し、約2年後にはシバ優占草地に転換していた。これらの結果より、除草剤処理法、刈払い法とも遷移過程では若干の優劣はあるものの、いずれの手法を採用してもワラビ優占地のシバ草地化は可能であると判断される。

以上のように、本研究では遊休農林地をシバ草地化するための方法について検討を行い、シバ草地化に必要な条件及び管理技術を実証試験で確認した。本研究で明らかになった結果により、中山間地域の遊休農林地の棚田跡地、広葉樹林地及びワラビ優占地をシバ草地化するため基礎的な知見が得られたと考える。

シバが自生している場所は、日当たりが良く、放牧管理によって植生の草高が低く維持されているところが多い。本試験でも移植したシバ苗の生育は日射環境が良好で他草種との競合が小さい条件で良好

であった。これは、「Ⅲ-1」,「Ⅲ-2」,「Ⅳ-2」及び「Ⅳ-3」の各章・節の結果から明らかである。さらに、土壌は過湿でない場所で生育が良好であり、リターの存在は生育の阻害要因にならなかった。このため、耕作放棄棚田では排水処理、広葉樹林では間伐、ワラビ優占地ではワラビの抑圧処理を行ってから放牧管理することにより、シバ植生の優占化が進行した。以上の方法により、遊休農林地のシバ草地化は可能である。一方、シバ植生の優占化が進んだ場所では適度な強度の放牧管理を続け、不食草の除去のための掃除刈りを行うことによりシバ優占植生を維持できると判断される。なお、斜面でのシバの生育についてはポット試験で実施したものの、現地での検討は行っていない。方位・傾斜角度によるシバ草地化の差異については別途現地での検討が必要である。

シバ草地の放牧利用に関しては、広い面積の場所での放牧となるため、家畜管理の面での工夫が必要となる。繁殖牛を飼養する場合、授乳中の子付きの牛では親子分離施設を設置して子牛を収容し、栄養補給をする方法があり<sup>44)</sup>、この方式では発情発見や捕獲等の放牧牛の管理作業が容易になるとともに、子牛も行動範囲を制限することで発育向上が期待される。また、本研究ではシバの導入法として張りシバとペーパーポット苗の移植を用いたが、これらの方法は植栽に労力を要することから、広い面積を造成する場合には放牧地の一部にシバを導入し、放牧牛の糞による種子散布によって次第にその他の部分にシバ植生を拡大する方法<sup>84)</sup>が有効である。以上のように、本試験で得られた知見に合わせて既存の知見を活用することにより、遊休農林地の放牧利用の推進が期待できる。

## 謝 辞

本研究の取りまとめに当たり、御指導を賜り、御校閲の労をいただいた東京農業大学農学部福山正隆教授ならびに畜産草地研究センター飼料生産性向上研究チーム佐藤節郎氏に衷心よりお礼を申し上げます。また、御校閲の労をいただき、ご助言をいただいた東京農業大学農学部松尾英輔教授ならびに平野繁准教授及び近畿中国四国農業研究センター研究

管理監家常高氏には、深甚なる謝意を表します。さらに、本研究の遂行にあたり懇切な御指導を戴いた作物研究所企画管理室長長峰司氏、畜産草地研究センター研究管理監梨木守氏、畜産草地研究センター元草地生産基盤部長及川棟雄氏、近畿中国四国農業研究センター粗飼料多給型高品質牛肉研究チーム高橋佳孝氏、同元総合研究第2チーム長故圓通茂喜氏、宮崎大学農学部山本直之准教授及び本論文の作成に当たって御理解と御便宜をいただいた伏見昭秀氏には心から謝意を表します。本研究を実施するに当たり、多大なご協力をいただいた栃木県大田原市の中村牧場の故中村聖暉氏、ならびに試験地の造成や供試牛の管理等に御支援をいただいた近畿中国四国農業研究センター業務第3科職員各位、畜産草地研究センター業務第3科職員各位に心から謝意を表します。

## 引用文献

- 1) 阿江教治 1985. 土壌空気と作物生育：一水田転換畑における大豆栽培を中心として一. 土壌の物理性 51: 3-8.
- 2) 秋山 侃・久保祐雄 1978. 草地における蹄傷：一被圧した野草類の光合成と乾物生産一. 草地試研報 12: 23-31.
- 3) 安西徹郎 1989. 水田における休耕中の管理と休耕の年限. 農業技術 44: 551-554.
- 4) 荒木眞之 1995. 森林気象. 川島書店, 東京. 76-111.
- 5) 千葉喬三・佐藤晃一・亀山信夫・中村博美 1986. 棚田に隣接する里山林の利用. 農土誌 54: 211-216.
- 6) 大後美保 1977. 微気象の探求. 日本放送出版協会, 東京. 30-62.
- 7) 杜 冠華・小川正則・安藤定美・続 栄治・村山盛一 1997. 木酢液と木炭の混合物がメロン果実のスクロース含量に及ぼす影響. 日作紀 66(3): 369-373.
- 8) 藤原 忠・阿部博史 1973. 寒冷地開発地の土地利用高度化のための技術の確立：第1章 標高および傾斜方位の相違による気象条件の変化. 東北農試研究速報 16: 3-10.

- 9) 福田栄紀・梨木 守・目黒良平1994. 森林極相地帯のシバ草原成立機構における草食動物の役割：3. 踏圧が草地及び森林構成種の出芽，生育に及ぼす影響の差異. 日草誌 40 (別) : 47-48.
- 10) 福山正隆・嶋村匡俊・牛山正昭・及川棟雄1985. 短草型草地の特性の解明：Ⅲ. 短草混生草地の利用管理と生産力及び種相互の競合との関係. 草地試研報 31 : 93-107.
- 11) 後藤正和・菅原和夫・林 兼六 1982 a. アカマツ壮令林地の牧草生産性. 日草誌 27 : 381-386.
- 12) 後藤正和・菅原和夫・林 兼 1982 b. 壮令林内牧草の採食利用性. 日草誌 28 : 330-335.
- 13) 早川康夫 1972. 草地における放牧牛のワラビ採食：第1報 長草型野草地における行動. 北農試彙報 100 : 78-90.
- 14) 林 陽生・黒瀬義孝 1991. 農業環境研究におけるメッシュデータと気象情報の利用 (11) : 中山間地域を対象としたメッシュ図の利用と局地気象 (1). 農及園66 : 716-722.
- 15) 平吉 功・松村正幸 1957. シバ牧野に関する研究 (第1報). 日草研誌 3 : 16-22.
- 16) 本多 侖・河野通世 1963. 芝の形態並びに解剖学的研究, 特に日本芝 *Zoysia japonica* Steud. について. 千葉大園芸学部報 11 : 1-22.
- 17) 本間 啓・小沢知雄 1962. 土壤構成と日本芝の生育ならびに踏圧による影響に関する実験的研究. 造園雑誌 26 : 27-30.
- 18) 井出保行・小山信明・佐藤節郎・高橋佳孝 2004. 放牧導入による棚田跡地の保全的利用. 近中四農研報 3 : 15-36.
- 19) 井上隆吉・佐々木泰斗 1958. シバの庇蔭試験. 東北農試研報 14 : 92-103.
- 20) 石 弘之 2007. 食べるのか燃やすのか, バイオ燃料が招く食料危機. 世界 762 : 190-197.
- 21) 石塚悟史・岩崎貢三・櫻井克年 1997. 造成された日本シバ草地土壤の経年変化. 土肥誌 68 : 549-558.
- 22) 岩間秀矩 1995. 耕作放棄棚田の法面崩壊と保全的土地利用. 総合農業の新技术 8 : 98-102.
- 23) 岩間秀矩 1996. 耕作放棄水田における飼料生産基盤拡大上の技術的問題点と対策. 草地試資料 平成7-6 : 25-30.
- 24) 岩波悠紀 1986. 林業側からみた林畜複合経営技術：—広葉樹林を中心として—. 日草近中支報 15 : 35-46.
- 25) 岩波悠紀 1994. 林内放牧による肉牛振興と森林・環境・国土保全. 畜産の研究 48 : 224-230.
- 26) 岩波悠紀 1997. 中山間地域の活性化に果たす畜産の役割と機能 (3) : —林畜複合問題について—. 畜産の研究 51 : 25-32.
- 27) 貝 昌之・宗綱良治・島村真吾 1988. 水田酪農地帯における転作畑の放牧利用技術. 山口畜試研報 7 : 145-156.
- 28) 鎌田隆義 1997. 島根県における在来シバの放牧利用に関する試験研究の現況. 日畜関西支部報 136 : 33-36.
- 29) 金子幸司・杉信賢一・小島昌也 1969. アカクローバの生存維持機構に関する若干の知見. 日草誌 15 : 59-68.
- 30) 加納春平・村里正八・井村 毅 1980. シバ型野草地の立地特性の解析：—北上山地貞任・和山地区の場合—. 日草誌 (別) 26 : 91-92.
- 31) 片桐成夫・金子信博・長山泰秀・栗原紀美子 1991. 萌芽二次林のリターフォール量および養分還元量の変化. 島根大農研報 25 : 15-22.
- 32) 川原尚人・岡本一志・山崎清人 1994. シバポット苗を用いた暖地急傾斜シバ草地の短期造成技術：第1報 ハウス利用によるシバポット苗の加温育苗・移植法. 日草誌 40 (別) : 125-126.
- 33) 北原徳久・吉村義則・鈴木慎二郎 1985. シバ (*Zoysia japonica*) の耐寒性について. 日草誌 (別) 31 : 212-213.
- 34) 北原徳久 1987. シバ草地の造成および放牧利用. 畜産の研究 41 (11) : 46-50.
- 35) 北村文雄 1965. 日本芝園芸品種栽培の基礎的研究 (第2報) : —生育におよぼす日照の影響並びに肥料3要素の効果について—. 造園雑誌 28 : 18-22.
- 36) 北村文雄 1975. 芝草の環境抵抗性について. 芝草研究 4 : 5-14.



- 37) 小林 真・蝦名真澄・生永治彦・岡野秀樹・徳弘令奈 2000. 匍匐莖の伸長に優れるシバ新品種「朝駆 (あさがけ)」の育成とその特性. 日草九支報 30 (2) : 41-43.
- 38) 小迫孝実・井村 毅・河野道治 1986. シバ草地の造成に関する研究: 一造成過程中的の放牧強度が家畜の行動に及ぼす影響一. 日草誌32 (別) : 302-303.
- 39) 小山信明 1989. 放牧草地におけるエネルギーの流れ: V 植生の移行がエネルギーの流れに及ぼす影響. 草地試研報 42 : 9-39.
- 40) 小山信明 2006. 「耕作放棄地の畜産的利用」 : はじめに. 日草誌 52 : 109-110.
- 41) 久保良雄・諸遊英行・氷高信雄・岩間 泉・須崎陸夫 1972. 中国縦貫道路の開発と中山間地帯農業の展開に関する研究. 中国農試報 D 5 : 1-114.
- 42) 久保祐雄・秋山 侃 1977. 草地における蹄傷: 一被圧した牧草類の光合成と乾物生産一. 草地試研報 10 : 15-22.
- 43) Letey, J., L. H. Stolzy, N. Valoras and T. E. Szuszkiewicz 1962. Influence of soil oxygen on growth and mineral concentration of barley. Agron. J. 54 : 538-540.
- 44) 萬田富治・島田和宏・竹ノ内直樹・大島一修・林 義朗・中西直人・高橋佳孝・小迫孝実・大谷一郎・圓通茂喜・小路 敦・山本直之・棚田光雄・千田雅之 1998. 胚移植とシバ型草地への放牧を利用した肉用牛生産技術を基幹とする地域複合営農システムの確立. 中国農試研究資料 31 : 35-56.
- 45) 松村正幸・岩田悦行・中島仁蔵 1972. 有用野草の播種増殖に関する基礎的研究: (3) 播種による日本芝草地の造成に関する 2, 3 の圃場試験. 岐阜大農研報 33 : 349-359.
- 46) 松村正幸・長谷川俊成・山田良彦・白村広吉 1984. 地下水位ならびに日射条件の違いに対する夏型芝草 3 種の反応について. 芝草研究 13 : 127-136.
- 47) 松尾直樹・井上眞理・古屋忠彦・鄭 紹輝・福山正隆 2004. 九州 3 地域における気象要因とシバおよびセンチピードグラスの生産量との関連性. 九大農学芸誌 59 : 89-97.
- 48) 三田村強・小川恭男・鎌田悦男 1982 a. シバ型草地に関する研究: I. 牛糞中のシバ種子数とその発芽特性. 日草誌 27 : 387-393.
- 49) 三田村強・小川恭男・鎌田悦男 1982 b. シバ型草地に関する研究: II. シバ幼植物の生長に及ぼす温度の影響. 日草誌 27 : 394-399.
- 50) 三田村強・小川恭男・鎌田悦男 1982 c. シバ型草地に関する研究: III. シバの発芽・定着・生存に及ぼす土壌硬度, 土壌改良資材および肥料の影響. 日草誌 28 : 82-88.
- 51) 三田村強・小川恭男・岡本恭二・手島道明・鎌田悦男 1985 a. シバ草地に関する研究: V. 伐採後に形成したミヤコザサ群落の攪乱方法の違いがシバ草地の成立に及ぼす影響. 草地試研報 30 : 82-90.
- 52) 三田村強・小川恭男・岡本恭二・手島道明・縣和一・鎌田悦男 1985 b. シバ型草地に関する研究: VI. シバ草地の植生並びに現存量に及ぼす施肥の影響. 草地試研報 30 : 91-104.
- 53) 三田村強・小川恭男・岡本恭二 1990. 落葉広葉樹伐採跡地におけるシバーオーチャードグラス型草地の成立過程に関する生態学的研究: I. 表面播種したシバ (*Zoysia japonica* STEUD.), オーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) および数種草種の定着に及ぼすリターと施肥の影響. 日草誌 35 : 286-292.
- 54) 森田 脩・後藤正和・三石昭三・松山高博 1992. 表面播種におけるイネ科牧草の発芽・定着: 5, アカマツとコナラの落葉とその分解物の表面におけるトールフェスク (*Festuca arundinacea* Schreb) の発芽動態と根鞘毛の固着力. 日草誌 38 : 327-334.
- 55) 中川昭一郎 1993. 耕作放棄水田の実態と対策. 農業土木事業協会, 東京. 111-120.
- 56) 梨木 守・野本達郎・原島徳一 1980. 放牧地のワラビに対する asulam の散布時期. 雑草研究 25 : 214-216.
- 57) 梨木 守・野本達郎・目黒良平 1984. 公共育成牧場におけるエゾノギシギシとワラビの発生要因. 雑草研究 29 : 61-70.
- 58) 小原道郎・宮内紀一・小瀬川康雄 1964. 草地

- 土壌の特性ならびに植生と土壌との関係. 畜試研報 7 : 65-87.
- 59) 越智茂登一・中村勤史・窪田昌綱・氷高信雄 1969. 中国地域中山間地帯における水田酪農の動向と技術体系の策定. 中国農試報D 4 : 35-77.
- 60) 小川恭男・福田栄紀・岡本恭二 1989. 落葉広葉樹伐採跡地のリター層がオーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) の生長に及ぼす影響. 日草誌 35 : 134-140.
- 61) 小川恭男・三田村強・福田栄紀・岡本恭二 1992. 落葉広葉樹伐採跡地におけるシバ・オーチャードグラス型草地の成立過程に関する生態学的研究 : II. シバ (*Zoysia japonica* STEUD.), オーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) および数草種を表面播種した混播草地の植生変化に及ぼす施肥の影響. 日草誌 38 : 308-314.
- 62) 小川恭男・三田村強・福田栄紀・岡本恭二 1994. 落葉広葉樹伐採跡地におけるシバ・オーチャードグラス型草地の成立過程に関する生態学的研究 : III. 表面播種したシバ (*Zoysia japonica* STEUD.) およびオーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) の茎数密度, 地上部重および地下部重の経年変化に及ぼす施肥の影響. 日草誌 39 : 411-419.
- 63) 小川恭男・小山信明 1994. 撒き芝法によるノシバ (*Zoysia japonica* STEUD.) 草地の春造成. 九農研 56 : 141.
- 64) 大黒俊哉・松尾和人・根本正之 1996. 山間地における放棄水田と畦畔のり面の植生動態. 日本生態学会誌 46 : 245-256.
- 65) 大口龍太郎・森岡 正・畑 勝彦 1997. シバ型草地の早期造成技術の確立. 奈良畜試研報 24 : 21-28.
- 66) 太田 健・谷山一郎・草場 敬・森 昭憲・荒谷 博 1996. 耕作放棄棚田における土壌特性の経年変化. 土壌の物理性 73 : 3-10.
- 67) 大谷一郎・高橋佳孝・魚住 順・余田康郎・五十嵐良造 1994. 赤黄色土のトールフェスク草地における牧草根と土壌環境に及ぼす採草, 放牧利用の影響. 中国農試研報 14 : 69-89.
- 68) 大友功一・藤本長之・美濃羊輔 1978. 土壌の緊密性が牧草の根の初期生長におよぼす影響について. 帯大研報 11 : 107-112.
- 69) 大槻和夫・河野道治・細山田文男・谷口長則・野田 博 1984. シバ型草地の動態に関する研究 : 第2報 輪換放牧で利用した短草型草地の植生の変遷と牧養力. 四国農試報 44 : 158-185.
- 70) 佐竹康明・福住弘巳 1994. シバポット苗を用いた暖地急傾斜シバ草地の短期造成技術 : 第2報 シバポット苗の露地育苗・移植方法の検討. 日草誌 40 (別) : 127-128.
- 71) 佐藤 庚 1981. オーチャードグラスとアカクローバの単播および混播草地の生産性 : I. 4年間の生産性と造成初期の生産構造. 日草誌 27 : 64-70.
- 72) 佐藤健次・原島徳一・西田智子 1993. 八方放牧地のシバ・牧草混在草地の動態に及ぼす施肥量の影響. 草地試資料 平成4-14 : 144-148.
- 73) 佐藤節郎・森田弘彦・千田雅之 2003. 中国地方中山間地域の小規模耕作放棄水田におけるイタリアンライグラス (*Lolium multiflorum*) とイヌビエ (*Echinochloa crus-galli*) を組み合わせた粗飼料生産体系. 雑草研究 48 : 211-221.
- 74) 島村真吾 1995. 肉用牛経営による山間遊休地の活用. 草地試資料 平成7-3 : 41-47.
- 75) 篠原 実・西岡辰雄 1993. 暖地急傾斜シバ草地の短期造成技術の確立 : 第1報 (1) 施設・播種育苗技術の確立. 徳島県畜試研報 34 : 41-44.
- 76) 篠原 実・西岡辰雄 1994. シバポット苗を用いた暖地急傾斜シバ草地の短期造成技術 : 第3報種子からのハウス内シバポット育苗・移植法. 日草誌 40 (別) : 129-130.
- 77) 篠原 実・白田英樹・西岡辰雄 1995. 暖地急傾斜シバ草地の短期造成技術の確立 : 第2報 (1) 最適移植密度と部分施肥効果の検討. 徳島県畜試研報 36 : 8-10.
- 78) 嶋田 饒 1962. ワラビの生態 : 一野草地におけるワラビの動態一. 雑草研究 1 : 70-77.
- 79) 嶋田 饒 1966. 除草剤による野草地の改良 : 第1報 TCBA散布によるススキ-ワラビ型草地植生の動態. 雑草研究 5 : 123-131.

- 80) 嶋田 饒 1976. シバ草地の生態. 芝草研究 5: 87-94.
- 81) 庄司舜一 1983. 芝草の種生態: 一特にシバを中心にして. 芝草研究 12: 105-110.
- 82) 杉本安寛・平田昌彦・上野昌彦・仁木巖雄 1987. 植生と土壤の理化学性に及ぼす斜面方位の影響: 一阿蘇斧岳の調査例一. 宮崎大農報 34: 297-304.
- 83) 鈴木晴雄・三田俊次・宮本硬一 1979. 栽培ポットの微気象. 農業気象 35: 21-29.
- 84) 高橋佳孝・齋藤誠司・大谷一郎・萩野耕司 1995. シバ草地を含む放牧地での牛糞によるシバ種子の散布. 日草誌 41 (別): 15-16.
- 85) 高橋佳孝 1996. 山間棚田を利用した肉用牛放牧. 畜産コンサルタント 374: 18-23.
- 86) 高橋佳孝 1998. シバ型草原への保全的転換とその持続的利用技術: 三瓶山の自然と人と牛の調和をめざして. 中国農試. 48-61.
- 87) 竹之内直樹・圓通茂喜・大島一修・島田和宏・大谷一郎・山本直之・今川昭宏・高橋政義 1996. 放牧時にワラビ中毒の発症を認めた黒毛和種における臨床および血液所見の推移. 中国農試研報 16: 93-106.
- 88) 戸田忠祐・久根崎久二・佐藤勝郎・落合昭吾・及川稜郎・太田 繁・帷子剛資・漆原礼二・阿部誠・平野 保・桜田奎一・新渡戸友治・斉藤精三郎 1980. 山地における落葉広葉樹林帯の草地開発方式. 岩手畜試研報 9: 1-89.
- 89) 堤 利夫 1987. 森林の物質循環. 東京大学出版会, 東京. 1-47, 100-118.
- 90) 上田孝道 2000. 和牛のノシバ放牧. 農山漁村文化協会, 東京. 58-69.
- 91) 上野昌彦・杉本安寛・平田昌彦 1985. バヒアグラス (*Paspalum notatum* Flüggé) の根の生長に及ぼす斜面方位の影響. 日草誌 31: 104-109.
- 92) Welles, J.M. and J.M. Norman 1991. Instrument for indirect measurement of canopy architecture. Agron. J. 83: 818-825.
- 93) 山本晴彦・鈴木義則・早川誠而 1995. プラントキャノピーアナライザーを用いた作物個体の葉面積指数の推定. 日作紀 64: 333-335.
- 94) 山本嘉人・斎藤吉満・酒井聡樹・桐田博充・林治雄 1993. 放牧によりススキ型草地がシバ型草地に遷移する速さ. 日草誌 39 (別): 147-148.
- 95) 山本嘉人・斎藤吉満・桐田博充・林 治雄・西村格 1997 a. ススキ型草地における異なる人為圧による植生遷移の方向. 日草誌 42: 307-314.
- 96) 山本嘉人・斎藤吉満・桐田博充 1997 b. 放牧によるススキ型草地の主要植物種の拡張積算優占度の変化率. 日草誌 42: 315-323.
- 97) 山本嘉人・北川美弥・西田智子 2005. 水田放牧地における導入草種の定着性・生産性, 現地実証プロジェクト研究報告: 栃木県北部における遊休水田の放牧利用による持続的畜産方式の可能性. 畜草研放牧管理: 17-22.
- 98) Youngner, V.B. 1961. Growth and flowering of *Zoysia* species in response to temperatures, photoperiods, and light intensities. Crop Sci. 1: 91-93.
- 99) 行永寿二郎・井手欽也・伊藤幹二 1973. ワラビに対する *asulam* の殺草効果とそれに関連する 2, 3 の生態. 雑草研究 15: 34-41.
- 100) 高知県農林技術会議 1981. 野シバ草地の造成とその利用技術. 高知県農林業の技術情報 29: 1-8.
- 101) 全国農業協同組合中央会 2007. 世界と日本の食料・農業・農村に関するファクトブック2007. 東京: 16, 21, 43.

## Establishment of *Zoysia* Pasture in Abandoned Agricultural Lands

Ichiro OTANI

### Summary

Recently, abandoned agricultural lands—particularly terraced paddy fields and forests—have increased in extent in the hilly and mountainous areas of Japan. These abandoned lands can be used without intensive management when they are used as grazing pasture. Japanese lawngrass (*Zoysia japonica* Steud.), a common species in native Japanese pastures, is known to be useful in this application because it persists without intensive management and alleviates soil erosion by stabilizing soils with its stolons, which densely cover the soil surface. This study was intended to clarify the methods for converting abandoned agricultural lands into *Zoysia* pasture to support cattle grazing and facilitate improved land use and conversion.

The results obtained can be summarized as follows:

1. The influences of groundwater level, shading, and slope aspects on *Z. japonica* growth were examined. Growth of *Z. japonica* was more seriously inhibited in the treatment with a 3-cm groundwater level than in the 20-cm treatment. The growth differences among lines were not significant. Under severe shade (26% relative solar radiation), growth was more seriously inhibited than under weak shade (37.2%) and short-day treatments. Growth differences among the lines were recognized in both the weak shade and short-day treatments. The growth of *Z. japonica* was greater on a gentle slope (15°) than on a steep slope (27°), and was greater on a south-facing slope than on an east- or west-facing slope. On slopes, the stolons of *Z. japonica* were more numerous growing downward than growing upward.

2. The influences of forest-floor litter and charcoal on *Z. japonica* growth were examined in a greenhouse experiment. Sod of *Z. japonica* was grown in pots with three soil-surface treatments: leaf litter of deciduous trees, charcoal, and neither (control). The dry weights of stolons and the number of erect stems of *Z. japonica* did not differ significantly among the treatments; however, the root dry weights were lower for the plot with leaf litter than for the control. Leaf litter decreased the soil temperature during the day and retained heat in the soil during the night. The mechanisms for how litter affected the growth of stolons and erect stems of *Z. japonica* were unclear. The application of charcoal increased the daytime soil temperature, but did not affect the growth of *Z. japonica*.

3. The effects of spring-sown herbage species on the establishment of *Z. japonica* were also investigated. Sod of *Z. japonica* was planted and herbage species were sown in March (sowing treatment). In plots where herbage species were not sown (control), both the frequency and coverage of *Z. japonica* increased rapidly, reaching 100% in the second year. In contrast, coverage by *Z. japonica* in the sowing treatments were low (10% to 77.5%) in the first year and increased only slowly in the second year. In the second year, the coverage of *Z. japonica* in September was inversely correlated with the coverage of herbage species in June, July, and August in the sowing treatments. This inverse correlation indicates that competition between the herbage species and *Z. japonica* for light, nutrients, and water suppresses the growth of *Z. japonica*, and that

the herbage species do not increase forage production before the establishment of *Z. japonica*. It appears that, in warm areas with few weeds, *Z. japonica* becomes established earlier when herbage species are not sown.

4. The effects of grazing and cutting on the establishment of *Z. japonica* were investigated and compared. In the first year, *Z. japonica* coverage did not differ significantly between the grazing and cutting plots. In the second year, the summer coverage was lower in the cutting plot because abundant *Digitaria adscendens* occurred in the plot. In the grazing plots, where plant heights were kept low by cattle grazing, *Z. japonica* dominated during the second year. In the grazing plots, the soil hardness and rate of solid phase of the soil were greater in the top layer, but the growth of tops and roots of *Z. japonica*, and root respiration, were not inhibited. Therefore, the establishment of *Z. japonica* was completed in 1 year under grazing conditions.

5. Changes in vegetation and soil properties in abandoned terrace paddy fields under grazing conditions after the transplanting of *Z. japonica* sod were investigated over the course of 3 years. When grazing started, bush species and *Juncus effusus* dominated. All plants were cut and open ditches were dug for drainage. In the top layer of the field, the rate of liquid-phase soil decreased, with the proportions of the solid and gas phases increasing; i.e., soil hardness increased rapidly. Plant coverage was low in the first year; *Z. japonica* coverage began to increase in the second year and reached 45.8% in the third year. The *Z. japonica* biomass increased in the third year. The root weight of *Z. japonica* increased greatly in the second year, and roots grew to a depth of 10 cm. Thus, *Z. japonica* could be established in a couple of years in abandoned terrace paddy fields under ditch-drained or well-drained conditions in the presence of grazing.

6. The growth of grazed *Z. japonica* on the floor of a deciduous forest was investigated at three tree densities. The rooting ratios of *Z. japonica* sods were 75%, 86%, and 98%, respectively, at low (300 trees/ha), medium (440 trees/ha), and high (630 trees/ha) tree densities. The highest rooting rate (at high density) was ascribed to the suitable soil water content, which was maintained under the dense canopy. Coverage by *Z. japonica* at low density increased more rapidly than that at medium and high density in both the second and third years after transplanting. At low density, coverage of *Z. japonica* was 58% in October of the third year. The estimated leaf area index (ELAI) of the trees increased gradually from the first year to the third year in all treatments. The highest ELAI value was recorded at high density throughout the experiment. The values of relative solar radiation at the forest floor in the second year were 83% at low density. The amount of tree litter on the forest floor decreased from year to year in all treatments; no appreciable differences were recognized among the treatments. The growth of *Z. japonica* was more rapid at low density (for trees averaging 9 m in height).

7. The effects of herbicide application (asulam, developed by Bayer Co.) and cutting on converting a bracken fern (*Pteridium aquilinum* L.) - dominated pasture into a *Z. japonica* - dominated pasture were investigated. The number of *P. aquilinum* shoots became 0.5/ m<sup>2</sup> two months after asulam treatment and increased slightly during the second year. However, in the cutting plot, in which vegetation was cut six times during the first year, the number of *P. aquilinum* shoots decreased year by year, and the fern had disappeared by the third year. This disappearance was probably caused by exhaustion of the rhizome nutrient reserves. The rooting rate of *Z. japonica* was lower in the cutting plots than in the asulam application plots because of competition with *P. aquilinum*. The coverage of *Z. japonica* in both plots increased in the second year, and reached 60% in the third year. Therefore, both asulam application and cutting were useful for converting pasture dominated by bracken fern into a *Z. japonica* pasture.