

糞上移植を利用した寒地型牧草地からシバ草地への 省力的な植生変換に関する研究

北川美弥^a

農研機構畜産草地研究所 放牧管理研究チーム, 那須塩原市, 329-2793

要 約

飼料自給率向上のためには、公共牧場の利用率向上が不可欠である。しかし、公共牧場では業務の多様化から、緻密な管理を必要とする寒地型牧草の維持が困難となっているため、シバ草地化が薦められている。日本在来種であるシバ (*Zoysia japonica* Steud.) は、生産量は少ないものの定着すれば施肥等の管理を必要とせず、長期にわたり放牧利用することが可能である。しかし、シバ草地の造成については様々な方法が開発されているものの、寒地型牧草地へのシバの導入に関する研究は殆どない上、より省力的な造成法が求められている。

そこで本研究では、寒地型牧草地へ糞上移植を用いてシバを導入し、省力的にシバ草地へ移行させる技術の開発を目的として実験、調査を行った。

寒地型牧草地へのシバ導入における糞上移植適用条件を検討するために、糞塊から土壤へ放出される養分、表層土壌硬度、ならびに不食過繁地の形成による日射量の変化が、移植したシバ苗の初期生育におよぼす影響について調査した。その結果、糞上移植で移植された苗は鍬で穴を掘って移植する従来の移植方法で移植された苗と異なる環境におかれるものの、シバ苗の定着や初期生育を著しく阻害する要因は少く、糞上移植は寒地型牧草地へシバを導入する方法として利用可能な事を明らかにした。また糞上移植と従来移植による、シバ苗移植作業効率と作業姿勢の比較から、糞上移植は作業効率が高く、作業負担が低い極めて省力的な移植方法であると評価した。さらに、糞上移植されたシバ苗は移植直後から放牧を開始しても牛による引き抜きを全く受けないことを明らかにした。

移植後の管理方法を明らかにするために、異なる2水準の放牧圧条件におけるシバの被度拡大を追跡調査した。その結果、移植3年目以降におけるシバ被度は、草高が10cm前後で維持された区で優れ、移植後5年で54%となった。一方、これよりも草高が高く維持された区では、シバの被度拡大は抑制され、不食草の被度が増加した。

これらの結果から、糞上移植は放牧を継続しながらシバを導入する方法として有効であり、移植後は放牧により草高を10cm前後に維持することで、掃除刈りなどをしなくとも、省力的にシバ草地へ移行できることを明らかにした。

これらの新たな知見は、公共牧場の草地管理技術および利用率向上に貢献し、日本における飼料自給率の向上に寄与できるものと考えられる。

キーワード：移植, 省力, シバ, 糞塊, 放牧地

I. 緒 言

日本には、世界に類を見ない公共牧場と呼ばれる制度がある。公共牧場とは、戦後の昭和29年に「酪農振興法」が制定されたことにより酪農が急速に普及する中で不採

算部門である乳牛の育成を引き受けるなど、大家畜生産の低コスト化と健全な発展を目的として設立された牧場である⁵²⁾。これらの牧場は、昭和37年に公共事業化された草地改良事業等の各種補助金を導入して開設され、都道府県、市町村、農協等、公共団体によって運営され

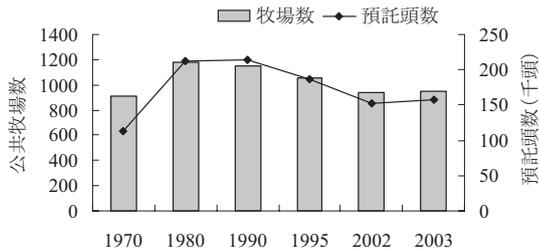


図 1. 公共牧場数と預託頭数の推移. 公共牧場をめぐる情勢⁴⁵⁾より

ている。昭和 30 年代後半からの畜産農家の規模拡大、家畜飼養頭数の増加にともない公共牧場のニーズは高まり、その数はピーク時の 1975 年には 1197 カ所にまで増加した (図 1)。しかし、高泌乳牛の導入に伴う精密な個体管理の必要性や、安価な輸入飼料の導入により、公共牧場への預託頭数は減少し、公共牧場数も 1995 年には 1053 カ所、2003 年には 945 カ所まで減少した⁴⁵⁾。さらに利用率 (年間受け入れ頭数 / 年間受け入れ可能頭数) も低下し、2003 年には利用率 50% 未満の牧場が 20% にもなった。

2004 年における日本の供給熱量総合食料自給率は 40% であり、その中においても純国内産飼料自給率は可消化養分総量 (TDN) ベースで 25.4% と非常に低く (表 1)、現在、日本の畜産は輸入飼料に大きく依存していることが伺える。粗飼料の自給率は 75.4% と比較的高いものの近年減少傾向にあり、さらに家畜に対する粗飼料供給率も低下傾向にある。ところが近年、バイオエタノール燃料との競合などから、トウモロコシをはじめとした輸入穀類の価格が高騰し畜産経営を圧迫しているため、早急な飼料自給率の向上が必要となっている。農林水産省は 1999 年に策定した食料・農業・農村基本計画において、2010 年度の飼料自給率の目標値を 35% としているが、実際の飼料自給率は 1999 年から 2004 年にかけてほぼ横ばいとなっている。

基本計画では、積極的に取り組むべき課題として、低・未利用地を活用した放牧の拡大、草地の効率的な利用な

どをあげている。中山間地では、耕作放棄地の管理として放牧が取り入れられ始めているが、その規模は小さい。一方、公共牧場の草地面積はピーク時よりは減少しているものの 10 万 ha にもおよび、日本の草地面積の 16%、特に都府県においては約 40% を占めることから、重要な自給飼料基盤であり、飼料自給率向上のためには公共牧場の再利用が不可欠である。

現在、各公共牧場では預託頭数を増加させるために、受精卵移植や冬期預託の受け入れといった業務の多様化が推進されている。このため、草地維持管理作業への省力化が求められている。さらに、入会牧野と呼ばれる、地域の畜産農家により従来から放牧利用されている牧場においても、管理者の高齢化に伴い同様の傾向が見られる。このような現状の中、維持管理が省力的な草地として、シバ草地が注目されている。シバ (*Zoysia japonica* Steud.) は古くから牧野と呼ばれる放牧地において利用されていたが、公共牧場の設立時に海外から導入された寒地型・暖地型牧草に比べ生産量、栄養価が低いことから、その利用は低下していた。しかし 1991 年、牛肉の関税自由化にともない畜産物の国際化が進みより一層の低コスト生産が求められ、維持管理が煩雑な寒地型・暖地型牧草よりも、定着すれば施肥等の管理を必要とせず、長期にわたり放牧利用することが可能であるシバの利用が再び見直されている⁷⁰⁾。

シバの特徴を寒地型牧草のなかでも放牧耐性が高いとされているペレニアルライグラスと比較して、表 2 に記載した。ペレニアルライグラスは乾物生産量が非常に高く、栄養価も高い。しかし寒地型牧草は季節生産性が高く、特に春のスプリングフラッシュ時には放牧草が余剰となるため掃除刈りが必要となる。また夏季には関東北部においても夏枯れが生じるため、生産量を維持するためには、施肥や転牧、掃除刈りといった維持管理作業が欠かせない。さらに夏枯れによって生じる裸地や裸地への雑草の侵入、経年化による株化等の問題より、造成から 5~6 年で更新することが勧められている⁴⁹⁾。

一方シバの生産量は気温や施肥条件によって異なる

表 1. 日本における食糧自給率、飼料自給率ならびに粗飼料自給率の推移

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
供給熱量総合食料自給率 (%)	41.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
純国内産飼料自給率 (%)	25.2	25.1	24.3	26.2	25.0	24.7	23.4	25.4
粗飼料自給率 (%)	78.4	78.0	76.7	78.0	78.1	77.6	75.6	75.4

ポケット畜産統計. 平成 13 年度版.⁴⁸⁾より
 同上. 平成 16, 18 年度版.^{46,47)}より

表 2. シバ (*Zoysia japonica* Steud.) と寒地型牧草の特徴比較

	シバ (<i>Zoysia japonica</i> Steud.)	寒地型牧草 (ペレニアルライグラス)
タイプ産地	日本	ヨーロッパ
乾物生産量	3.3t/ha ¹	16.2t/ha ²
栄養価 (TDN)	51.8% ³	69.4% ⁴
季節生産性	小	大
施肥	不要	要
永続性	長期	5～6年で更新
耐踏圧性	高い	やや劣る

¹ 畜産草地研究所内のシバ草地 (無施肥) における生産量⁶⁶⁾

² 畜産草地研究所内のペレニアルライグラス優占草地に年間 N-P₂O₅-K₂O を 88.1-103.2-88.1kg/ha 施肥した場合の生産量⁶⁰⁾

³ 細木, 岡本の分析結果を再計算した値⁷⁰⁾

⁴ 日本飼料標準成分表 (2001 年度版)⁴³⁾ におけるペレニアルライグラス (再生草出穂前) の値

が、寒地型牧草に比べて低いものの、シバの生育期間中は補助飼料を給与しなくても肉用繁殖牛であれば1年1産させることが可能なほどの牧養力を持つ¹³⁾。シバは日本在来の草種で、北限は北海道の襟裳岬から渡島半島に至る南西地域とされ^{12,28,51)}、南においては種子島にまで分布しており、これが南限である³³⁾。さらに、標高1550mの長野県菅平牧場にも自生しており、かなり標高の高い所においても生育可能なことが知られ¹⁹⁾、広く日本の気候に適している。シバは半地下の匍匐茎で伸長し、各節から直立茎や根を出し、さらに放牧牛は直立茎から出た葉部のみを採食するため、再生力が強い¹⁵⁾。また、放牧牛による踏みつけに対する耐性も高いことから、地形を選ばず急傾斜地でも利用できる。夏枯れや冬枯れも生じにくく、適切な放牧圧で放牧を行えば施肥や刈り払いを行わなくとも持続的な利用が可能である。このようなシバの特徴から低コストで省力的な草地管理に向けて、シバの導入を試みる牧場が増えている^{42,58)}。

日本の大部分の野草地では、家畜を放牧することでシバ草地へ移行する²¹⁾。しかし、シバ草地となるまでには長い年月を必要とするため、これまでに様々な早期シバ草地化技術が開発されてきた^{19,27,55)}。しかしながら、近年行われた公共牧場におけるシバ利用に関するアンケートでは、より省力的で低コストなシバ草地化技術の開発が切望されている⁴⁰⁾。

シバの主な導入方法について図2に示した。この中で最も省力的なシバの導入方法としては深耕法による播種があげられるが、市販のシバ種子は高価な上に発芽率が低い。また、シバ草地へ放牧している牛に結実したシバ種子を採食させて、排泄糞に含まれる種子からシバを導入する方法もある⁶⁷⁾が、近隣にシバ草地があることが条件となることから利用できる場所は限定される。い

れにおいてもシバ種子が発芽・定着するためには長期間を要することから、播種による早期シバ草地化には限界がある。加えて近年、放牧用に育成されたシバ品種「朝駆」は栄養繁殖のみである²⁹⁾ことから、播種ではなく栄養茎 (以下、匍匐茎とする) の移植による省力的なシバの導入方法を検討する必要がある。

匍匐茎によるシバの導入方法には、張りシバ法や播きシバ法があげられるが、張りシバ法はコストの面から、放牧草地の造成にはあまり利用されない。また、播きシバ法は大面積の造成が可能であるが、その利用は機械が導入出来る場所に限定される。このため、一般的にはシバ苗の移植法が利用されている。シバを苗の移植により導入した場合、移植後のシバの定着・拡大を促進させるためには放牧の継続または掃除刈りによる他植生の抑制が有効である³⁶⁾。しかし、シバ苗移植直後から放牧を継続すると、牛による苗の引き抜きや蹄傷による被害がみられる¹⁾。また掃除刈りは多くの労力を要するため、省力化にはなじまない。

そこで機械を使用せず、1人でも省力的に移植が可能なる方法を検討し、佐々木ら⁵⁹⁾が既存草地を植生改善する方法として開発した、放牧牛が草地に排泄した糞塊上

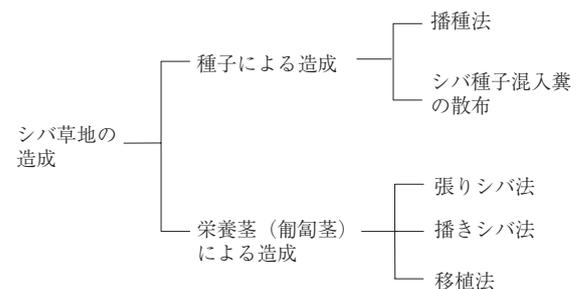


図 2. 代表的なシバ草地の造成法

に苗を移植する糞上移植に注目した(図3)。糞上移植は苗を移植する穴を開ける必要がなく特別な道具を使用しないことから、従来の移植法に比べ省力的であり、さらに糞塊周辺は一定期間、牛が採食を回避することから移植直後から放牧を行っても移植した苗が引き抜かれまいと考えられる。しかし、佐々木らはシバ匍匐茎および牧草苗の定着と初期生育についてのみ述べており、周辺植生との競合など、移植条件や糞塊がシバ苗におよぼす影響、作業性については明らかにされていない。またシバは主に西南暖地において利用されていることから、シバ草地の造成に関する研究もこれらの地域を想定して行われており、寒地型牧草地にシバを導入し、シバ草地へ移行させる方法についての報告は見あたらない。

さらにこれまで家畜の放牧とシバ草地成立の関係については多くの研究が実施され、その成果は石田¹⁹⁾や大谷⁵⁵⁾によりまとめられているが、シバ苗移植後の放牧管理については、5頭/ha程度の過放牧に近い高放牧圧が良いとされているものの、実際にシバ導入地の植生変化と放牧圧の関係が示された報告はない。放牧頭数の過剰な増加は、シバの蹄傷を招き拡大が遅くなる³⁾うえに、牧草が不足し補助飼料の給与が必要となることから、放牧圧とシバの被度拡大の関係を明らかにする必要がある。

そこで本研究では、寒地型牧草地を放牧利用しながら省力的にシバ草地へ移行させる技術を開発することを目的とし、機械等を使用せず、1人でも省力的に移植可能な方法として糞上移植を取り上げ、その適用条件や有効性について、またシバ導入後は放牧のみでシバ草地へ植生変換するために必要な放牧圧を明らかにするために、実験および調査を行った。

以下、第II章では、糞上移植が適用できる条件を明ら



図3. 糞上移植したシバ苗の様子

かにするために、1節において糞上移植に適した苗の形状を検討した。2節から4節では、糞塊に含まれる養分、放牧地表面層土壌の硬度、そして糞塊周辺に形成される不食過繁地により生じるシバ苗への庇陰のそれぞれが、シバ苗の定着と初期生育におよぼす影響について、調査を行った。第III章では糞上移植の省力性を、穴を掘って苗を移植する通常の移植法との作業性および作業姿勢の比較により検討した。第IV章では、実際の寒地型牧草地へ糞上移植を用いてシバ苗の移植を行い、その実用性を明らかにした。さらに放牧牛に補助飼料を給与することなく緩やかにシバの被度拡大を促進する放牧頭数を明らかにするため、異なる2水準の放牧条件でシバ匍匐茎の伸長ならびに被度拡大を長期的に調査した。

II. 寒地型牧草地へのシバ導入における糞上移植適用条件の検討

1. 糞上移植に適したシバ苗の形状

1) はじめに

シバ草地の造成についてはこれまでに様々な方法が開発されている。最も省力的なシバの導入方法として蹄耕法による播種があげられるが、シバの種子は発芽率が低く初期生育も遅いためシバの導入は生育ステージの進んだ苗を移植することが多い。移植に使用するシバ苗の形状は匍匐茎やポット苗など多様であるが、移植苗の形状は移植作業性や、定着および定着後の生育に影響を及ぼす²⁶⁾。このため、糞上移植を用いて、省力的にシバ草地を造成するためには、糞上移植に適した形状の苗を選抜する必要がある。佐々木ら⁵⁹⁾は、放牧地の植生改善における糞上移植の有効性をシバ匍匐茎1本を用いて検討したが、1本の匍匐茎では定着後の被度拡大が遅いため、早期のシバ草地造成には不向きである。人力によるシバ苗の移植には、準備の簡便さ、運びやすさなどから、シバ匍匐茎を10cmほどに切りほぐしたもの(以下、バラシ苗)を使用することが多いが、乾燥に弱いため土中深くに移植する必要がある³⁶⁾。より早い造成を目指し、匍匐茎を利用したポット苗³⁰⁾が開発されているが、準備に長期間を要する。既存のシバ圃場から切り出して利用する切り出し苗は、ポット苗のように準備に時間がかからない。さらに多くの匍匐茎を含むことから、早期の匍匐茎伸長が期待できる¹⁴⁾が、移植に際しては大きな穴を掘るか杭などで固定する必要がある⁴⁾。そこで本試験では、糞上移植に適し、定着後の匍匐茎伸長に優れた苗を選定するために、バラシ苗、ポット苗、切り出し苗

を裸地と放牧地に糞上移植し、定着率と匍匐茎の伸長を調査した。

2) 材料と方法

(1) 苗の形状

a) 切り出し苗

既存のシバ圃場から深さ 5cm でシバを切り出した後、8×8cm、厚さ 5cm に土をつけたまま切り分けた(図4-a)。

b) ポット苗

1本の匍匐茎を 2.5×2.5cm、深さ 5cm のポットに移植し、温室において約 4 ヶ月間育苗した³⁰⁾。調査には、



a 切り出し苗



b ポット苗



c バラシ苗

図4. 切り出し苗, ポット苗, バラシ苗の様子

新たな匍匐茎が 0-1 本発生した苗を土をつけたまま使用した(図4-b)。

c) バラシ苗

切り出し苗と同様に既存のシバ圃場から切り出した後、根についている土を払った。土を払った状態で 10×10cm 程度に切り分け、匍匐茎が 1 本 1 本バラバラになるようにほぐした(図4-c)。

(2) 裸地における定着率と定着後の広がり

調査は栃木県那須塩原市にある畜産草地研究所那須研究拠点(標高 318m)の、黒土の圃場で行った。除草剤(グリホサートのアンモニウム塩)を散布した後、耕起、鎮圧を行い 2×2 m の区画を 9 区区けた。各区をさらに 1m×1m の 4 つに分け、それぞれの中心に生重 300 g の糞塊を 4 個設置した(図5)。糞塊は寒地型草地に放牧されている黒毛和種繁殖牛のものとし、排泄後 2 日以内の柔らかい糞塊を採取した。採取後、全量をコンテナで良く混合し計量した。1つの区には同じ形状の苗を移植するものとして、各糞塊上に、切り出し苗は 1 株、バラシ苗は約 15g、ポット苗は 3 苗で 1 株として、それぞれ糞塊上に載せた後、足で踏みつけて移植した。移植は 6 月 10 日に行った。各処理は 3 反復とし、調査区画内にランダムに配置した。苗に含まれる匍匐茎の量を明らかにするために、切り出し苗、バラシ苗については、移植に利用した苗と同様に準備した苗に含まれる匍匐茎の本数と長さを調査した。9 月 8 日に各苗の定着率を明らかにするために枯死株数を数え、さらに匍匐茎の伸長を比較するために各区に 1 メッシュ 10cm×10cm の枠を設

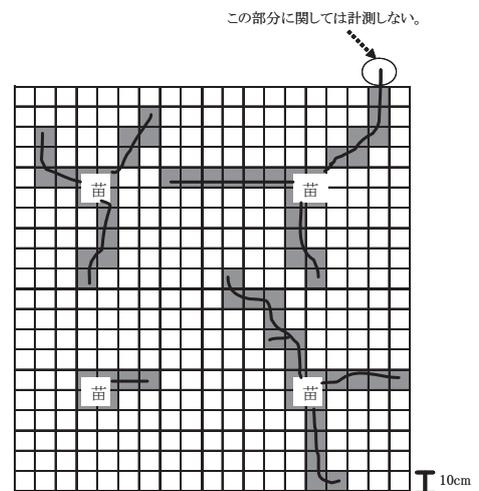


図5. 移植区の概要と匍匐茎出現メッシュ数計測枠の概要
太線が匍匐茎を示す。色つき部分が出現メッシュ数(この例では 65 メッシュ)。調査区の外に出た匍匐茎については計測しない。

置し、それぞれの苗について、匍匐茎が伸長したメッシュ数（以下、匍匐茎出現メッシュ数）を計測した（図5）。ただし、他の処理区に侵入した匍匐茎ならびに、調査区外に伸長した匍匐茎については計測しなかった。

(3) 寒地型放牧草地における定着率

調査は研究所内のオーチャード (*Dactylis glomerata* L.) やトールフェスク (*Festuca arundinacea* Schreb.) が優占している寒地型放牧草地（約 1ha）の一部で行った。苗を移植する前日に 5cm の高さで刈り払い、刈り払った草を調査区の外に運び出した後、1 m × 1 m の区画を 24 区設定した。各区に糞塊（300g 生重 / 個）を 2 個設置し、それぞれの糞塊に、裸地試験に使用した苗と同様に準備した切り出し苗 1 株、バラシ苗 20g、ポット苗 1 株を糞上移植した。各処理は 8 反復とし、圃場内にランダムに配置した。7 月 7 日に移植を行い、9 月 8 日に枯死株数を数え、定着率を求めた。また、試験中調査地には放牧牛が自由に出入りし、採食できるようにした。

(4) 検定

裸地と寒地型牧草地における苗の定着率について、 χ^2 による分割表の検定を用いて有意差検定を行った。また、匍匐茎出現メッシュ数については、対応のない t 検定を用いて平均値の差の検定を行った。検定結果は、危険率 5% 未満の場合には有意差があるものとした。

3) 結果

(1) 裸地における定着率と定着後の広がり

裸地へ移植したバラシ苗の定着率は切り出し苗、ポット苗よりも有意に低く、また切り出し苗とポット苗の定着率の間には有意な差は見られなかった（表3）。切り出し苗とバラシ苗は、切断された匍匐茎からなる。匍匐茎は節間に水分を保持することから、2 節以上含まれない匍匐茎は枯死してしまうため、2 節以上含まれると考

えられる 6cm 以上の匍匐茎数と平均匍匐茎長を、切り出し苗とバラシ苗について調査した。含まれる匍匐茎数と平均匍匐茎長は、切り出し苗ではそれぞれ、13.8 本、9.2cm と、バラシ苗の 12.8 本、8.6cm で両苗の間に有意な差は見られなかった。裸地における生存株あたりの平均匍匐茎出現メッシュ数は、切り出し苗、ポット苗がそれぞれ、バラシ苗よりも有意に多かった。

(2) 寒地型放牧草地における定着率

草地植生へ糞上移植した苗の定着率は、切り出し苗、ポット苗、バラシ苗でそれぞれ 75.0、81.3、56.3% で（表3）、切り出し苗とポット苗の定着率は、バラシ苗の定着率よりも高かったが、有意な差は見られなかった。また、小面積に多くの糞塊を設置したため、試験区内の牧草は放牧牛による採食を殆ど受けず、シバ苗の牛による引き抜きも見られなかった。

4) 考察

バラシ苗は乾燥に弱いことが知られている³⁶⁾。一方、切り出し苗とポット苗は土壌をつけたままにするためバラシ苗に比べて乾燥に強いと考えられる。裸地と草地植生へ糞上移植したバラシ苗の定着率は、切り出し苗とポット苗よりも有意に低いことから、乾燥に弱いバラシ苗は糞上移植には適さないことが明らかになった。

シバの新茎は匍匐茎の節群から発生する¹⁴⁾ ため、苗中の匍匐茎数が多ければ新茎の数が多くなり、その後の被度拡大に有利である。しかし、切断された匍匐茎は節間に水分を保持することから、2 節以上含まれない匍匐茎は枯死してしまう。切り出し苗とバラシ苗に含まれる匍匐茎数、平均匍匐茎長には両苗の間に有意な差は見られなかったが、バラシ苗の定着率は切り出し苗に比べて有意に低かった。また定着株あたりの匍匐茎出現メッシュ数も低いことから、バラシ苗では 1 株に含まれている匍匐茎のうち、定着した匍匐茎数が少なかったと考えられた。一方、ポット苗は匍匐茎の伸長に優れており³⁰⁾、裸地における生存株あたりの平均匍匐茎出現メッシュ数は、3 種類の苗で最も多かった。しかし、切り出し苗との間に有意な差は見られず、さらに本調査ではポット苗 3 苗で 1 株としていたことから、1 苗で 1 株として移植した場合は、本結果よりも匍匐茎の出現メッシュ数は低下するため、3 種の苗のなかで最も匍匐茎の伸長に優れていたのは切り出し苗であると考えられた。さらに本試験では、糞上移植を利用した省力的なシバ草地の造成を目的としていることから、移植の 4 ヶ月前から準備を必要とするポット苗よりも、シバ草地から必要

表 3. 裸地と寒地型牧草地に移植した各苗の定着率と匍匐茎出現メッシュ数

移植場所	苗の種類	定着率 (%)	生存株あたりの平均匍匐茎出現メッシュ数
裸地	切り出し	75.0 ^a	34.7 ^a
	ポット	68.8 ^{ab}	36.6 ^a
	バラシ	31.3 ^b	9.0 ^b
寒地型牧草地	切り出し	75.0	—
	ポット	81.3	—
	バラシ	56.3	—

^{ab} 各移植場所における同行の異符号間に有意差有り (p<0.05)

時に切り出す、切り出し苗が適しているといえる。

いずれの試験においても糞上移植した苗の定着率は、切り出し苗では75%以上、ポット苗では68%以上と高く、移植後の匍匐茎の伸長も早いことから、切り出し苗、ポット苗はともに糞上移植に適した苗であると判断された。

2. 牛糞塊上に移植したシバ苗の根活性と初期生育

1) はじめに

糞塊周辺に形成される不食過繁地はそれ以外の場所よりも土壤水分が高い⁵⁾ことから、糞塊直下も土壤水分が高いと考えられる。さらに牛糞塊には肥料成分が多く含まれ、土壤中、特に糞塊直下に浸透拡散する⁹⁾ことから、糞上移植したシバ苗は、糞塊以外の場所に移植した苗よりも初期生育に優れると考えられる。しかし、植物種により感受性は異なるものの、多量の塩類は根の生育・機能を著しく抑制する⁷³⁾ことが知られている。そこで本研究では、根の呼吸速度と高い相関関係があり、同時に根による窒素の吸収量とも高い正の関係を示すことから、根活性を示す指標の1つとして広く利用されている α -ナフチルアミン酸化力⁶⁾を根活性の指標として、糞上移植されたシバ苗の根活性を調査し、糞塊に含まれる養分がシバ苗の根活性と乾物生産量におよぼす影響を調査した。

2) 材料と方法

(1) 試験区

試験は2005年（以下、05年）と2006年（同、06年）の2回行った。処理区は、糞有区と糞無区とした。1/5000aのワグネルポットに市販の黒土（以下、培養土）を充填し、糞有区にはその上に栽培ヒエとイタリアンの放牧地に放牧されている黒毛和種繁殖雌牛の糞を1ポットあたり、生重で300g載せた。糞塊は排泄後2日以内の柔らかいものを採取した。糞無区は糞を載せないポットとし、それぞれのポットに、シバのポット苗（1節参照）を1株/ポット移植した。移植日は05年5月9日と06年5月16日である。移植後はガラス室内で生育させ、灌水は週に2回行った。ただし、調査時の灌水による影響を避けるため、調査前3日間は灌水を行わなかった。

(2) 調査内容

調査は、05年は、移植後0、7、14、28、84日目に、06年は0、14、28、56、84日目にそれぞれ行った。

a) 乾物重

調査日に各ポットのシバ苗を地下部（根部）と地上部（茎葉部と匍匐茎）に分け、地上部は70℃で3日間風乾後、

乾物重を測定した。地下部は根活性を測定した後、地上部と同様に乾物重を測定した。

b) 根活性

地下部サンプルを水洗後、 α -ナフチルアミンによる根活性を測定した⁶⁾。この方法は根の呼吸過程で生成される過酸化水素によって、 α -ナフチルアミンが酸化される活性を測定している。05年は得られたすべての根試料1個ずつを、06年は供試根量が1-2gの範囲内に収まるように少ない試料同士を併せて、また両年ともに、試料が2g以上の場合には一部を測定に供した。

c) 植物体 T-N およびミネラル成分

地上部、地下部ともに乾物を用いて、84日目における植物体に含まれる全窒素（以下、T-Nとする）およびリン（P）、カリウム（K）、カルシウム（Ca）およびマグネシウム（Mg）を測定した。試料は乾物重を測定後、鋏で1cm以下に裁断し、さらに振動粉砕器で1mm以下に微粉砕した。微粉砕試料をアシストチューブに詰め、105℃の乾燥機で3日程度水分を除去した後、湿式分解を行うため微粉砕試料を試験管に0.1g秤量した。T-Nの湿式分解は硝酸態窒素も含めて測定できるガンニング変法によった⁵⁷⁾。試料0.1gを秤量した試験管にサリチル硫酸1.0mlを添加し、ミキサーで混合して一晩放置してよく混和した。翌日昇温しつつ、過酸化水素0.1-0.2mlの分注を繰り返しながら分解液が透明になるまでホットプレート上で分解した。この分解液を希釈して定容とし、フローインジェクション方式のオートアナライザ³⁴⁾でアンモニア態窒素を定量した。ミネラル成分の湿式分解は硝酸と過塩素酸法によった⁷⁾。試料0.1gを秤量した試験管に1.0-1.5mlの硝酸と0.2mlの過塩素酸を加え、温度をかけながらホットプレート上で液が透明になるまで、また液がほぼ乾固するまで分解した。放熱後0.1規定硝酸15mlを添加し、ミキサーで攪拌して内容物を溶解した。この分解液を適宜希釈して原子吸光法⁸⁾でCa、MgおよびK成分を、またモリブデン青法¹¹⁾にてP成分を定量した。

d) 糞の CN 分析

供試ふんの炭素（C）と窒素（N）は乾式燃焼法（CN コーダー）²⁾で測定した。微粉末にした乾燥試料を高温で完全燃焼させ、発生した燃焼ガス中のCはすべてCO₂に、NはすべてN₂の形態にすると同時に他の成分は除去し、最後にCO₂とN₂を別々に熱伝導度検出器によって検出・定量するもので、全Cと全Nが同一試料から定量できる。

e) 土壌の交換性塩基、陽イオン交換容量、有効態リン酸の測定方法

i) 交換性塩基および陽イオン交換容量

交換性塩基および陽イオン交換容量の測定には全自動汎用抽出ろ過装置⁷⁾を用いた。風乾して2mm目篩を通した土壌2gを抽出ろ過管に取り、1mol/l酢酸アンモニウム液100ml(25mlで4回繰り返す)で交換性塩基を抽出する。その後土壌を80%エタノール50ml(25mlで2回繰り返す)で洗浄して吸着されない余剰のアンモニウムイオンを除去する。続いて2mol/l塩化カリウム液により土壌に吸着されたアンモニウムイオンを交換・抽出する。

交換性塩基測定用の抽出液を適宜希釈して原子吸光法⁸⁾にて交換性Ca, MgおよびK成分を定量した。また、2mol/l塩化カリウム抽出液を適宜希釈してフローインジェクション方式のオートアナライザ³⁴⁾でアンモニア態窒素を測定し、陽イオン交換容量を定量した。

ii) 有効態リン酸

有効態リン酸の測定はブレイ第二法⁴⁾によった。2mm目篩を通した土壌1gに20mlの抽出液(0.03mol/lフッ化アンモニウム液と0.1mol/l塩酸の混合液)を添加して1分間振りまぜ、直ちにろ過して抽出液を得た。この抽出液についてモリブデン青法でPを定量した。

糞塊および培養土の影響を調べるために、糞有区に設置した糞塊の含有成分(N, P, K, Ca, Mg)および、培養土に含まれる塩基量を調査した。

(3) 検定

根活性、地上部・地下部乾物重、T-Nと各ミネラル含有率と吸収量について、糞有区と糞無区の間または、年次間について、対応のないt検定を用いて平均値の差の検定を行った。検定結果は、危険率5%未満の場合には有意差があるものとした。

3) 結果

(1) 根活性

ポット移植後のシバ苗の根による根活性の変化を図6に示した。05年では、7-14日目にかけて、06年では14-28日目にかけて糞有区の根活性は糞無区に比べて低い傾向が見られた。また、05年では、28日目、84日目の根活性は糞有区で糞無区に比べ有意に高かった。一方06年では、56、84日目における根活性は両区でほぼ同じであった。また、06年における根活性は各調査日において、糞有区、糞無区ともに、05年よりも高い傾向が見られた。

(2) シバの乾物重、ミネラル含有率ならびに吸収量

図7に移植したシバ苗の地上部、地下部乾物重の推移を示した。06年05年ともに地下部、地上部ともに7日目以降、糞有区で乾物重が高くなった。特に84日目における地上部乾物重は、両年ともに糞有区で有意に高かった。06年の試験開始時の苗の乾物重は地下部、地上部ともに05年に比べ少なかったが、84日目の乾物重には年度による有意な差は見られなかった。また、地上部、地下部のT-Nおよびミネラル含有率には、両年の間に共通した傾向は見られなかった(表4)。ポットあたりのミネラル吸収量は05年では全ての項目について糞有区で有意に高くなった。06年では全ての項目で糞有区が高いものの、有意な差がみられたのはT-Nのみであった(表5)。

(3) 糞と培養土の成分

糞塊(表6)のC/N比は、05、06年でそれぞれ16.02、14.64で、06年の方が低かった。また、Caは05年に、N、Kは06年の糞塊でそれぞれやや高い値を示した。06年に供試した培養土は、05年に利用したそれに比べ交換性塩基に富んでいた(表7)。

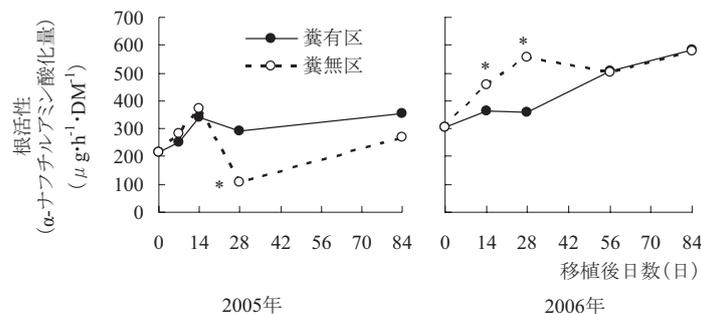


図6. 糞塊と培養土に移植したシバ苗の根活性(α-ナフチルアミン酸化量)の推移

*: 糞有区と糞無区間に有意差あり (p<0.05)

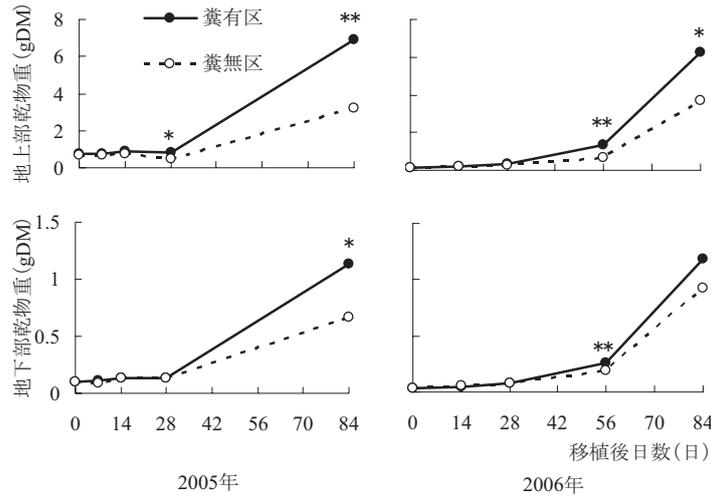


図7. 糞有区と糞無区における，地上部，地下部乾物重の推移

*：糞有区と糞無区間に有意差有り (p<0.05)
 **：糞有区と糞無区間に有意差有り (p<0.01)

表4. 移植後84日目における地上部と地下部のT-N, P, K, Ca およびMg含有率(%)

	2005年			2006年		
	糞有区	糞無区	検定	糞有区	糞無区	検定
地上部						
T-N	1.533	1.537	NS	1.536	1.396	**
P	0.094	0.088	NS	0.182	0.185	NS
K	1.220	1.135	NS	2.197	2.058	*
Ca	0.136	0.166	**	0.220	0.232	NS
Mg	0.101	0.111	NS	0.153	0.092	**
地下部						
T-N	1.159	1.000	*	1.241	1.151	NS
P	0.151	0.156	NS	0.119	0.147	NS
K	0.186	0.118	*	0.866	0.942	NS
Ca	0.095	0.051	*	0.141	0.148	NS
Mg	0.035	0.025	*	0.069	0.080	NS

*：糞有区と糞無区間に有意差有り (p<0.05)
 **：糞有区と糞無区間に有意差有り (p<0.01)

表6. 供試糞の含有成分量

	2005年	2006年
C (%)	42.53	43.49
N (%)	2.66	2.97
C/N 比	16.02	14.64
P (%)	1.11	1.17
K (%)	1.08	1.46
Ca (%)	2.11	1.73
Mg (%)	0.99	0.91

4) 考察

放牧地に排泄された糞塊からは，土壤中に養分が放出されるため，糞塊周辺の牧草が繁茂する。また糞塊の臭気から牛による採食を受けないため，不食過繁地が形成される。糞上移植ではこの特徴を活かし，糞上へ移植す

表5. 移植後84日目におけるT-N, P, K, Ca およびMg吸収量

	吸収量 (mg/ポット)					
	2005年			2006年		
	糞有区	糞無区	検定	糞有区	糞無区	検定
地上部						
T-N	119.98	54.37	**	105.12	68.69	**
P	7.76	4.31	**	11.92	9.61	NS
K	86.35	35.97	**	140.85	100.12	NS
Ca	10.73	5.65	*	14.43	11.95	NS
Mg	7.57	4.21	*	9.71	4.85	*

*：糞有区と糞無区間に有意差有り (p<0.05)
 **：糞有区と糞無区間に有意差有り (p<0.01)

表7. 供試培養土の化学性

	2005年	2006年
pH(H2O)	5.17	5.58
EC(mS/cm)	0.12	0.21
交換性塩基 (mg 当量 / 乾土 100g)	Ca 1.29 Mg 0.28 K 0.87	11.63 2.02 1.40
塩基合計 (mg 当量 / 乾土 100g)	2.44	15.05
陽イオン交換容量 (mg 当量 / 100g)	43.17	40.79
塩基飽和度 (%)	5.66	36.90
Bray2 リン (mgP/100g)	1.74	3.11

ることで牛によりシバ苗の採食を避け定着率を高め，さらに糞塊からの養分供給により，高い初期生育が期待できる。しかし，C/N 比が高い堆肥や植物体を施用した場合には窒素飢餓が生じることや，高濃度の養分は根の生育・機能を著しく抑制することが知られている。窒素

飢餓が生じる C/N 比の目安は 30 以上とされているが、両年ともに C/N 比は 20 以下であることから窒素飢餓は生じなかったと考えられる。一方、糞塊中の水溶性 N, P_2O_5 , K はほぼ 30-40 日目までに糞外へ放出され、糞塊を設置した直下土壌中の K 濃度は糞設置後 6-30 日にかけて高く、 P_2O_5 は 40 日目以降 (72 日目)、窒素は 12-20 日頃にかけて高くなる^{9,17)}。このため糞有区では、糞塊からの養分の供給により土壌中の養分濃度が高くなり根の生理機能が抑制され、7-14 日目にかけて根活性が糞無区に比べ低くなる傾向がみられた。さらに両年ともに 14 日目まで増加していた α -ナフチルアミン酸化量が 28 日目に低下していることから、この頃に最も根活性が抑制されたと考えられた。しかし、56 日目以降、糞有区、糞無区の根活性はほぼ同じであることから、糞塊からの養分の放出による、根活性の抑制は 56 日目までには消失すると考えられた。

05 年の 28 日目に根活性が著しく低下し、また糞の有無に関係なく常に 06 年に比べ根活性が低かった。これは 05 年に使用した培養土に含まれる養分量が少なかつたため、糞無区では土壌中の養分が根の生育に不足し、呼吸量が低下したために生じたと考えられた。

根からの養分吸収には各養分による拮抗作用がみられるため、土壌中の塩基 (Ca, Mg, K) に関しては、Ca/Mg 比 (当量比) は 6 以下、Mg/K 比 (当量比) は 2 以上が好ましいとされている³⁸⁾。培養土の Ca/Mg 比は、両年ともに 6 以下であったが、K 含量が高いため Mg/K 比は 1 以下と低い値であった。さらに糞塊からの養分の放出により土壌中の養分バランスが変化することで、拮抗作用が生じシバに各ミネラルの過剰または欠乏症が生じる。シバ地上部のミネラル含有率 (乾物%) は、P : 0.10-0.25%, K : 1.38-3.62%, Ca : 0.13-0.36%, Mg : 0.08-0.72%^{16,39,43)} と報告によりばらつきが見られるが、本研究の結果は糞有区、糞無区ともにほぼこれらの報告の数値内であった。さらに、05 年、06 年ともにそれぞれ糞有区、糞無区の間には、成分によって有意な差が見られるものの、両年の間には明らかな傾向は見られなかった。これらのことから、糞塊から放出される養分量では、地上部の養分含有率に影響をおよぼす程の土壌塩基バランスの不均衡は生じなかったと考えられた。

また乾物生産量、T-N および各ミネラル吸収量は糞有区で高いことから、糞上移植は移植されたシバ苗の乾物重増加と各ミネラル類の吸収量増加をもたらすことが明らかになった。

以上のことから、糞塊から放出される養分によりシバ

の根活性は一時的に低下するものの、シバの乾物生産量は明らかに増加することから、糞上移植はシバの乾物生産量を増加させるのに有効な方法であることが明らかになった。

3. 寒地型牧草地の緊密化した土壌が異なる移植法で移植したシバ苗の初期生育におよぼす影響

1) はじめに

糞上移植は、その利点の 1 つとして、移植時に穴を掘る必要がないことがあげられる。しかし、放牧利用されている草地土壌は表層 5cm において最も緊密度が高く⁶⁵⁾、それが高い土壌では下層への根の生育が制限され、牧草の生育は抑制される⁵³⁾。このため、放牧草地へシバ苗を糞上移植した場合、穴を掘らないことにより、シバ苗の根の生育が制限され、穴を掘って移植した場合に比べて初期生育が抑制されると考えられる。そこで、本調査では糞上移植を含む、異なる 3 種類の移植法を用いてシバ苗を移植し、定着率、乾物生産量と根活性を調査し、移植法の違いがシバ苗の定着と初期生育におよぼす影響を検討した。

2) 材料と方法

(1) 供試模擬草地

試験は畜産草地研究所内の黒毛和種繁殖牛を 3 年間放牧した、イタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* Lam.) と栽培ヒエ (*Echinochloa utilis* Ohwi et Yabuno) の放牧草地土壌を使用して行った。草地土壌の緊密度を調査するため、土壌貫入抵抗を貫入式土壌硬度計 (大起理化工業) を用いて供試草地 20 カ所と、対照として近隣の飼料用トウモロコシ畑 10 カ所を測定した。その後、草地土壌を 50cm×30cm、厚さ約 10cm に切り出し、黒土を詰めたコンテナ (約 50cm×30cm×30cm) にのせ、疑似草地を作成した (図 8)。既存植生による影響を避けるため除草剤 (グリホサートのアンモニウム塩) を散布し既存植生を枯死させた。

(2) 移植方法

牛糞塊上にシバ苗を移植する糞上移植、地表面に苗を置きその上に土を乗せる覆土移植、穴を掘って移植する通常移植の 3 種類の移植法 (図 8) でシバ苗を 1 コンテナあたり 4 株移植した。各処理の反復は 5 とし、苗は生育の均一性を保つためポット苗を使用した。また 1 糞塊の量は生重で 200g とした。糞塊は土壌を採取した放牧地に放牧されている、黒毛和種繁殖牛のもので排泄後 2 日程度と考えられる柔らかい糞塊を採取した。採取後、

全量をコンテナで良く混合し計量した。覆土移植に利用した覆土は、Ⅱ章2節で2006年度の試験に使用したのと同じ黒土である。

(3) 調査項目

移植後56日目に植物体内のN濃度の指標として葉色を葉緑素計（SPAD）を用いて測定した後、各コンテナ内に生育したシバ苗を地上部（茎葉部と匍匐茎）と地下部（根部）に分け、地下部は水洗し、第2節と同様に α -ナフチルアミン酸化量を測定した。同酸化量測定後の地下部と地上部は70℃で3日間風乾後、乾物重を測定した。

(4) 検定

地上部・地下部重、根活性、T/R比（地上部重/地下部重比）ならびに葉色計測定値（SPAD値）について、対応のないt検定を用いて平均値の差の検定を行った。検定結果は、危険率5%未満の場合には有意差があるものとした。

3) 結果

本調査に使用した放牧草地と対照としてトウモロコシ畑の土壤貫入抵抗を図9に示した。放牧地では、土壤深度5cmで土壤貫入抵抗が最も高くなり、15cmまでトウ

モロコシ畑よりも土壤貫入抵抗は高い値を示した。

模擬草地に移植したシバ苗で調査期間中に枯死した個体は見られず、シバ苗の定着率は100%であった。また、根活性には移植法による有意な差は見られなかった。

移植後56、84日目におけるシバの乾物重は地上部、地下部ともに糞上移植において最も高い値を示し、通常移植で地上部、地下部ともに最も低かった（表8）。T/R比は、覆土移植で6.02と糞上移植、通常移植の5.91と5.08よりもやや高い値を示したが、有意な差は見られなかった。さらに植物体Nの濃度の指標であるSPAD値は、糞上移植および覆土移植において通常移植よりも有意に高い値を示した。

4) 考察

本試験に使用した放牧草地の土壤貫入抵抗は、高橋らの報告⁶⁵⁾と同様に、地表から5cmまで対照とした飼料用トウモロコシ畑に比べ高い値を示した。牧草根の発達は土壤緊密度によって影響をうける事が知られている⁵⁴⁾が、本試験では、移植後56日目における根活性は移植方法による違いは見られず、さらに、56、84日目におけるシバの乾物重は地上部、地下部ともに糞上移植において最も高い値を示した。これらの結果から、糞上移植をもちいて緊密な土壤に穴を掘らずシバ苗を移植しても、根の発達や養分吸収機能に影響は見られないと考えられた。また、覆土移植における地上部、地下部重も通常移植より高いことから、当初の予測とは逆に穴を掘ったことが初期生育を抑制したのではないかと考えられた。しかし、植物体N濃度の指標であるSPAD値は糞上移植および覆土移植において通常移植よりも有意に高い値を示していることから、覆土に使用した土壤が養分に富み、糞塊と同様に覆土土壤から養分供給が行われたため、覆土移植したシバ苗の初期生育が旺盛になった。このため、通常移植したシバ苗の乾物重が他の移植法に比べ少なかったと考えられた。

緊密な土壤に穴を掘らずに移植した糞上移植、覆土移植

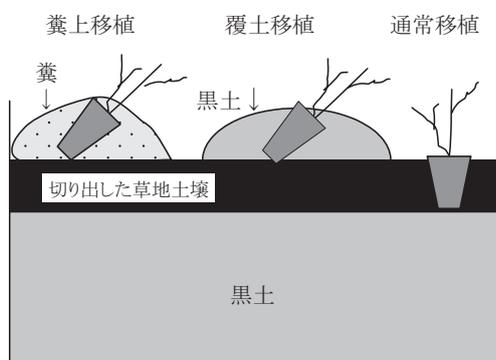


図8. 模擬草地と各移植法の模式図

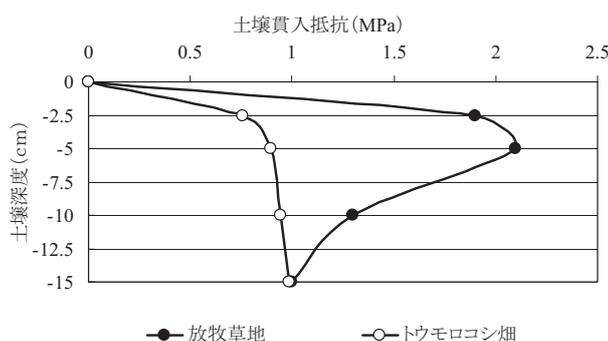


図9. 放牧草地とトウモロコシ畑の土壤貫入抵抗

表8. 異なる方法で移植したシバ苗の地上部、地下部重、T/R比、SPAD値および根活性

移植方法	乾物重 (g) ¹		根活性 ($\mu\text{g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{DM}^{-1}$)	T/R比	SPAD値
	地上部	地下部			
糞上移植	19.05 ± 2.49 ^a	3.22 ± 0.69 ^a	550	5.91	43.9 ^a
覆土移植	12.89 ± 3.38 ^b	2.14 ± 0.82 ^{ab}	504	6.02	43.4 ^a
通常移植	8.64 ± 3.17 ^b	1.70 ± 0.61 ^b	510	5.08	41.5 ^b

¹ 平均値 ± 標準偏差

^{ab} 同列の異符号間に有意差あり (p<0.05)

ともに、根活性は通常移植と変わらず、また地上部乾物生産量は有意に多いことから、移植地である放牧草地の緊密化した土壌がシバ苗の定着と初期生育におよぼす影響は小さいと考えられた。

4. 寒地型牧草地へ糞上移植したシバ苗の周辺に形成される不食過繁地がシバ苗の定着と生育におよぼす影響

1) はじめに

糞塊周辺の草は糞塊からの臭気により一定期間牛による採食を受けないため、糞塊周辺の草が伸び、不食過繁地が形成されることが知られている⁶⁸⁾。このため糞上移植されたシバ苗への日射量は、周辺植生により遮られるため、通常移植されたシバ苗に比べ減少すると考えられる。日射量の減少はシバの生育を抑制する¹⁸⁾ことから、糞上移植されたシバ苗の初期生育は通常移植された苗に比べ低下すると考えられる。そこで、放牧圧の違いにより草高を異なる2水準に維持した草地において、糞上移植と通常移植により移植したシバ苗への積算日射量を測定し、糞上移植されたシバ苗の光環境を明らかにするとともに、積算日射量が定着率と初期生育におよぼす影響を調査した。

2) 材料と方法

(1) 供試草地

試験は畜産草地研究所内の2002年秋に簡易更新機により寒地型牧草を追播した放牧草地(1ha)の一部(40a)で行った。2004年4月下旬から黒毛和種繁殖牛3頭を放牧し、放牧牛の入退牧により、草高を10cm以上に維持する区(高草高区)と10cm以下に維持する区(低草高区)の2区(各20a)を設けた。

(2) 移植方法

両区に糞上移植、通常移植でそれぞれ10株のシバの切り出し苗を5月26日と7月23日の2回移植した。移植総数は80株である。糞上移植では糞塊の大きさによる影響を避けるため、人工的に糞塊を設置した。すなわち、試験地から排泄後0-2日と考えられる糞塊を採取し、全量をコンテナで混合した後、1個あたり生重で500gを計測し、牛の排泄した糞塊に近い状態にするために高さ約1mから糞塊を落下させ、その糞塊にシバ苗を糞上移植した。

(3) 調査項目

両処理区における草高の推移を明らかにするために、7-14日おきに両区の草高をそれぞれ50カ所測定した。さらにシバ苗周辺の草高とシバ苗への光環境を明らかに

するために、移植当日と移植後4週間ごとに苗を中心とした40cm四方内の草高(以下、周辺草高とする)を20カ所測定し、さらにシバ苗への日射量を測定した。シバ苗への日射量は、積算日射計フィルム(オプトリーフ R-2D 大成イーアンドエル)を用いて測定した。各処理区でそれぞれ5株のシバ苗上に、積算日射計フィルムを水平になるように設置し(図10)、草高測定日から72時間日射露光した。露光したフィルムはただちに、オプトリーフ測定器(T-METER THS-470)を用いて退色程度を測定し、その値から積算日射量を算出した。算出後、同時に遮蔽物のない場所で測定した積算日射量(全天日射量)を1とした場合の積算日射量割合を算出した。さらに各苗の定着率と初期生育を明らかにするために、枯死株数と匍匐茎の本数および長さを10月14日に測定した。また、両処理区の草高を1週間ごとに任意の50点について測定した。

(4) 検定

両区の草高と定着苗の匍匐茎発生本数と匍匐茎合計長について、対応のないt検定を用いて平均値の差の検定を行った。シバ苗の定着率は χ^2 による分割表の検定を用いて有意差検定を行った。また積算日射量割合と周辺草高の相関係数について、母相関係数に関する検定を

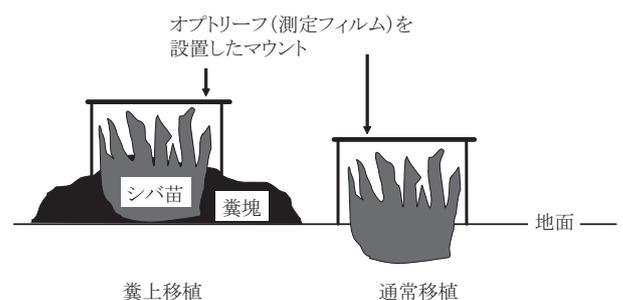


図10. シバ苗へのオプトリーフの設置方法
上: 設置の様子 下: 模式図

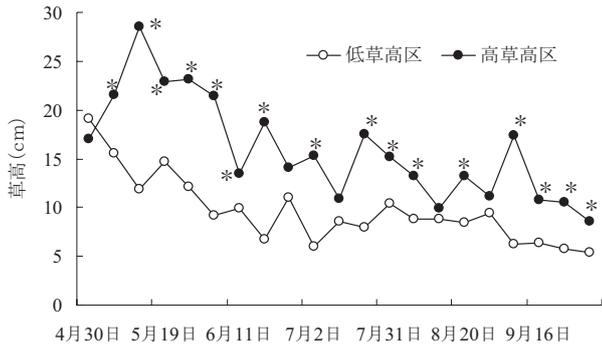


図 11. 低草高区と高草高区における草高の推移
*：低草高区と高草高区の同日の草高間に有意差あり (p < 0.05)

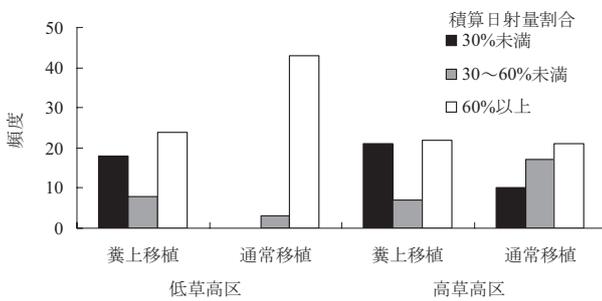


図 13. 各処理区におけるシバ苗への積算日射量割合¹別に見た、シバ苗株数のヒストグラム
¹ 遮蔽物のない場所における積算日射量 (全天日射量) を 1 とした場合の各処理区に移植したシバ苗への積算日射量の割合

行った²³⁾。検定結果は、危険率 5% 未満の場合には有意差があるものとした。

3) 結果

低草高区、高草高区それぞれにおける草高の推移を図 11 に示した。低草高区の草高は、入牧後しばらくは 10cm 以上であったが次第に低下し、6 月 3 日以降は、ほぼ 10cm 以下を維持した。高草高区では最終測定日の 10 月 7 日以外は 10cm 以上を維持し、放牧開始日を除き、高草高区の草高は低草高区よりも高く維持された。

移植苗周辺草高の推移を維持草高、移植法別に図 12 に示した。5 月に移植した場合における移植日と移植 20 週間後を除き、低草高区、高草高区ともに、糞上移植した苗の周辺草高は通常移植した苗のそれよりも高かった。

各処理別に移植苗への積算日射量割合を 3 段階のヒストグラムで示すと (図 13)、通常移植した苗では低草高区において積算日射量割合が 30% 以下になることはなく、また高草高区においても糞上移植に比べ 30% 以下の頻度が低かった。さらにすべての処理を込みにした、

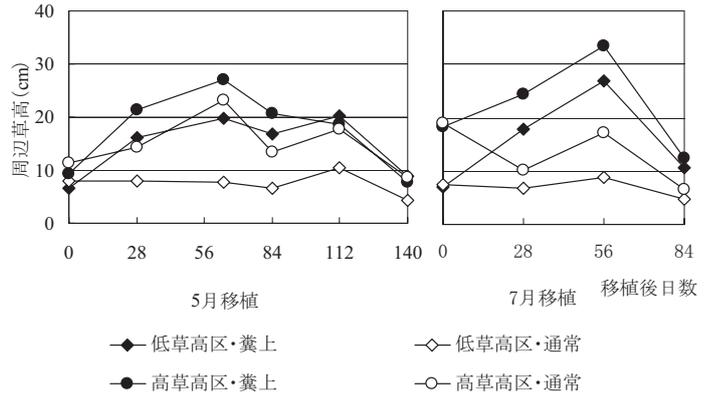


図 12. 異なる 2 水準の草高に維持した草地に、糞上または通常移植で移植したシバ苗周辺草高の推移

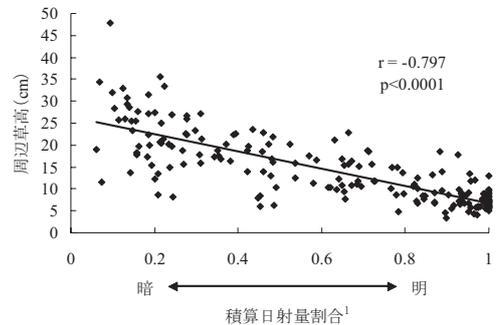


図 14. 処理を込みにした移植シバ苗周辺草高と積算日射量割合¹の関係
¹ 遮蔽物のない場所における積算日射量 (全天日射量) を 1 とした場合の各処理区に移植したシバ苗への積算日射量の割合

表 9. 移植苗の定着率と定着苗の匍匐茎発生本数および匍匐茎合計長

移植日	草高	移植法	定着率 (%)	定着苗の匍匐茎発生本数 (本/株)	定着苗の匍匐茎合計長 (cm/株)
5 月 26 日	低	糞上	100	2.2	43.7
		通常	60	2.5	34.5
	高	糞上	100	2.8	65.2
		通常	90	2.6	60.4
7 月 21 日	低	糞上	100	3.3 ^a	20.2 ^a
		通常	100	2.0 ^b	14.7 ^{ab}
	高	糞上	100	1.8 ^b	7.9 ^b
		通常	70	1.6 ^b	8.9 ^{ab}

^{a,b} 同移植日における同列の異符号間に有意差有り (p < 0.05)

周辺草高と積算日射量割合の間には有意な負の相関が見られた (図 14)。

シバ苗の定着率、匍匐茎の本数および長さを表 9 に示した。糞上移植したシバ苗の定着率は両区で 100% であったが、通常移植では牛による引き抜きを受け、80% と低かった。5 月に移植したシバ苗の匍匐茎の発生本数、合計長は、移植法に関係なく高草高区で多かったが有意

な差は見られなかった。一方、7月に移植した苗では、匍匐茎の本数は低草高区の糞上移植で他の処理に比べ有意に多かった。

4) 考察

維持した草高にかかわらず、糞上移植した苗の周辺草高は通常移植した苗よりも高いことから、不食過繁地が形成されていたと考えられた。また周辺草高と積算日射量割合の間には有意な負の相関が見られ、周辺草高が高くなることで、シバ苗への積算日射量が低下することが明らかになった。さらに糞上移植した場合には積算日射量割合の低い個体が、通常移植した場合よりも多いことから、不食過繁地が形成され周辺草高が高く維持された糞上移植では、通常移植に比べ移植された苗への日射量は少ないことが明らかになった。しかし、糞上移植したシバ苗の定着率は、有意な差は見られないものの通常移植に比べ高い値を示し、初期生育に有意な差は見られなかった。

井上ら¹⁸⁾は、異なる庇陰条件におけるシバの生育を比較し、庇陰が強くなるに従いシバ生育が劣ることを報告している。しかし、匍匐茎の本数および合計長は、5月移植の高草高区で5月移植の低草高区に比べ有意な差は見られないものの多い傾向が、7月移植における低草高区の糞上移植で、高草高区の糞上移植に比べ有意に多いことから、匍匐茎の本数および合計長は周辺草高が高く維持された区において多くなる傾向が見られた。大谷ら⁵⁶⁾はある程度の庇陰は表層土壌からの蒸散が抑制されるためシバの定着には有効であることを示している。

これらのことから、本試験で設定した放牧圧条件下であれば、不食過繁地の形成によってシバ苗への積算日射量は低下するものの、シバの定着と初期生育におよぼす影響は小さいと考えられた。

Ⅲ. 糞上移植によるシバ苗移植作業の省力性

1) はじめに

Ⅱ章において、糞上移植は移植した苗の乾物生産量を増加させるのに有効であること、また穴を掘らずに移植を行っても定着や初期生育に影響はないこと等、寒地型牧草地へシバを導入する方法としての適用性・有効性を明らかにした。さらに糞上移植は、穴を掘る必要がなく、鋤等の道具を用いないことから省力的であると推察されるが、作業性についての比較検討はなされていない。

近年、公共牧場事業主に向けて行われたアンケート

では、省力的なシバ草地化技術の開発が切望されており⁴⁰⁾、さらに畜産業を含む農業の担い手の約60%が65歳以上⁴⁴⁾という高齢化の実態からも、より省力的で効率的な作業体系の確立が必要である²²⁾。

そこで本章では糞上移植によるシバ苗移植作業の省力性を、鋤等を用いた移植における作業効率および作業姿勢と比較することにより評価した。

2) 材料と方法

(1) 被験者

シバ苗の移植作業が未経験である、畜産草地研究所職員の8名(男性3名、女性5名)とした。

(2) 移植方法

調査には切り出し苗(第Ⅱ章1節参照)を使用し、移植作業調査時には、斜め掛けできる苗かごに入れて運搬した。

a) 糞上移植

調査区内に落下している新鮮な糞塊(表面が乾いていても踏んでみて湿っていれば移植可能)上にシバの切り出し苗1株を置き、足で踏む。移植する糞塊の間隔は30cm以上とし、近接した糞塊ならびに苗よりも小さい糞塊には移植しない。

b) 通常移植

糞塊以外の場所に、刃渡り8cmの鋤で穴(直径10cm、深さ5cm程度)を掘り、その穴へ切り出し苗を入れて足で踏みつける。移植間隔は被験者に任せだが、調査区内に均一に移植されるようにした。

(3) 調査地

調査地は畜産草地研究所内の寒地型牧草が衰退した3カ所(0.6-1.8ha)の放牧地である。1名の被験者がいずれかの移植法でシバ苗50株を移植する面積は25m×40m(10a)の1区とし、それぞれの区が重ならないように各放牧地に地形や面積に応じて2, 4, 10区の計16区を設けた。被験者は同じ放牧地で両移植法による調査を行った。各放牧地には黒毛和種繁殖牛(3-6頭/ha)を4月下旬から10月上旬まで放牧した。糞上移植を行う区には、糞を区内に集中的に落下させるために調査の約3日前から電気牧柵で囲い、その中に放牧した。調査時には退牧し、調査終了後は電気牧柵を撤去して放牧地全体に放牧した。

(4) 調査法

調査はシバ苗の移植に適した梅雨時期⁵⁹⁾にあたる2005年6月21, 24, 29日および7月4日に行った。各調査日に1-3名の調査を行ったが、調査は時間をずらし

て1名ずつ行った。各被験者について糞上移植と通常移植の両法で、それぞれ1区50株のシバ苗移植作業を調査した。両移植法による作業の間には10分以上の休息時間を設けた。調査を行う前に、各調査区内の草高を50点測定し、さらに糞上移植区では落下しているすべての糞塊数を記録した。また作業中の気温を温湿度データロガーを用いて10分間隔で記録した。各作業者の作業中に測定された気温の平均を作業時の気温としたが、作業中に測定が行われなかった場合は、作業時間帯に最も近い時点で測定された気温を作業時の気温とした。被験者には作業開始前に糞上移植、通常移植について実演を含んだ説明を行い、作業の開始直前および終了直後に心拍数をハンディタイプの血圧計を用いて測定した。調査では作業時間をストップウォッチで測定し、移植作業の様子をハンディタイプのビデオカメラで撮影した。移植後には、各区に移植された50株のシバ苗のうち20株にマーキングを行い、2005年8月にこれら20株の定着状況を調査した。

移植作業終了後、録画したビデオ画像から **Ovako** 式作業姿勢分析システム (OWAS)³²⁾ による作業姿勢評価を行った。本システムは特別な道具を必要とせず、ビデオに録画した画像から作業姿勢を評価することができるため、農作業の姿勢評価にも使用されている方法である^{37,61)}。ある時点の作業姿勢を背部・上肢・下肢・重さの4項目に分けて観察し、姿勢コード表(表10)から、「背部はまっすぐ」、「上肢は両腕とも肩より下」のように4項目の状態を分類する。それぞれの状態に割り当てられた数字から、作業姿勢を4桁の姿勢コードとして記録する。各姿勢コードは、AC判定表(表11)を用いてAC1からAC4の4段階に判定される。AC1は姿勢による問題なし、AC2はこの姿勢は有害で近いうちに改善するべきである、AC3はこの姿勢は有害でできるだけ早期に改善すべきである、AC4はこの姿勢は非常に有害で直ちに改善すべきである、ことを示す。全体に対するAC3とAC4の合計の割合は全体的負担度とされ、この数値の高い作業は有害な作業であると判断される^{62,64)}。本試験では観察時間間隔を10秒として作業姿勢をサンプリングし姿勢評価を行い、またビデオ画像から移動歩数を数えた。

(5) 検定

各調査項目ならびに各AC割合について、対応のあるt検定を用いて平均値の差の検定を行った。危険率5%未満の場合には有意差があるものとした。

3) 結果

移植したシバ苗の定着率は糞上移植91%、通常移植89%と差は見られなかった(表12)。また、50株のシバ

表10. 姿勢コード (OWASコード)¹⁾

部位	姿勢コード	状態
体幹	1	まっすぐ
	2	前または後ろに曲げる
	3	ひねるまたは横に曲げる
	4	ひねりかつ横に曲げる、または斜め前に曲げる
上肢	1	両腕とも肩より下
	2	片腕が方の高さあるいはそれより上
	3	両腕が方の高さあるいはそれより上
下肢	1	すわる
	2	両腕をまっすぐにして立つ
	3	重心をかけている片脚をまっすぐにして立つ
	4	両膝を曲げて立つか中腰
	5	重心をかけている片脚を曲げて立つか中腰
	6	片方または両方の膝を床につける
	7	歩くまたは移動する
荷重	1	98 N (10kgf) 以下
	2	98 N (10kgf) より大きく、196N (20kgf) 以下
	3	196 N (20kgf) より大きい

¹⁾ 生物系特定産業技術研究推進機構⁶¹⁾ より

表11. 姿勢コードとAC対応表¹⁾

姿勢コード	1			2			3			4			5			6			7			下肢 荷重
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	3	3	4	2	3	4	4
	3	3	3	4	2	2	3	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	4
3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	3	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	1
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2

¹⁾ 生物系特定産業技術研究推進機構⁶¹⁾ より

表12 糞上移植と通常移植におけるシバ苗移植作業の調査結果

	糞上移植	通常移植	検定 ³⁾
シバ苗の定着率 (%)	90.6 ± 11.8	89.4 ± 10.8	ns
移動歩数 (歩)	401 ± 119	325 ± 64	ns
作業時間 (分:秒)	8:39 ± 3:23	14:04 ± 4:35	**
調査区の糞塊数 (個)	140.5 ± 62	-	-
調査区の平均草高 (cm)	15.0 ± 12.8	18.6 ± 14.6	ns
作業中の平均気温 (°C)	25.5 ± 7.3	25.4 ± 6.8	ns
作業効率 (株/分) ¹⁾	6.1 ± 3	3.5 ± 1.3	**
心拍増加率 (%) ²⁾	8.1 ± 5.4	25.2 ± 8.3	**

平均 ± 標準偏差 (n = 8)

¹⁾ 定着率 × 50 (全移植株数) / 作業時間

²⁾ (作業終了時心拍数 - 作業前心拍数) / 作業前心拍数 × 100

³⁾ 対応のある平均値の差のt検定による

** : p<0.01, ns : 有意差なし

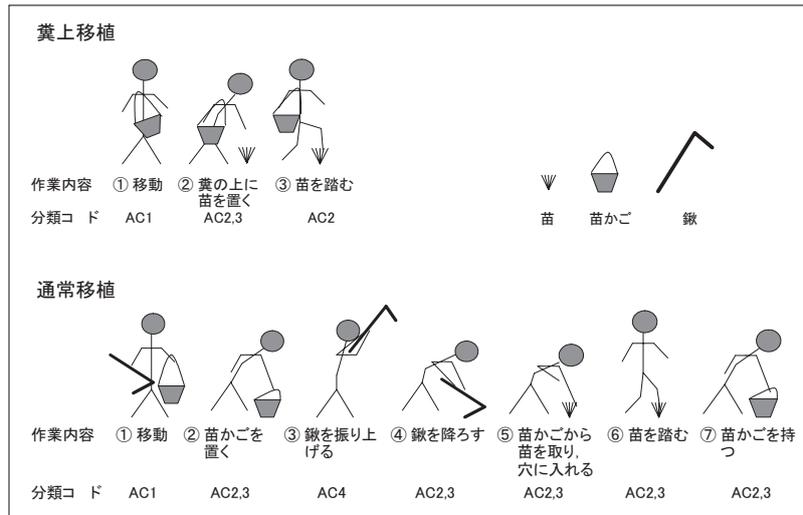


図 15. 糞上移植と通常移植の作業時における姿勢変化の略図と各姿勢が分類される AC コード

分類コードが AC2, 3 の作業は、両脚または重心のかかっている脚がまっすぐな場合は AC2 に、両脚または重心のかかっている脚が曲がっている場合は AC3 に分類される。

苗移植に要した作業時間は糞上移植では 8 分 39 秒と通常移植の 14 分 04 秒に比べ有意に短かった。しかし、糞上移植では移動歩数が通常移植時に比べ多い傾向がみられた。作業時間に影響をおよぼすと考えられる作業時における気温と草高には両移植法の間に有意な差は見られなかった。しかし、糞上移植における調査区内の糞塊数は 57 から 231 個と差が見られた。作業時間と定着株数から求めた作業効率は、糞上移植で 61 株 / 分と通常移植の 3.5 株 / 分に比べ明らかに高く、さらに心拍増加率⁶¹⁾は、糞上移植において通常移植よりも有意に低かった。

両移植法の作業時における姿勢変化の略図と各姿勢が分類される AC コードを図 15 に示した。基本作業は糞上移植では 3 つに、通常移植では 7 つにそれぞれ分類された。また、OWAS により評価した両移植法における作業姿勢を各 AC 割合で表 13 に示した。非常に有害で直ちに改善すべきである姿勢とされる AC4 は、通常移植における鍬を振り上げた姿勢のみであり、2 名の被験者で観察された。また、できるだけ早期に改善すべき姿勢である AC3 に分類された姿勢は、糞上移植ではシバ苗を糞の上に置く時の前屈みの姿勢のみであった。一方、通常移植において AC3 に分類された姿勢は、シバ苗を入れた苗かごを下に置く姿勢、鍬で穴を掘る姿勢、シバ苗を苗かごから取り出して穴に入れる前屈みの姿勢、苗かごを取り上げる時の前屈みの姿勢で、通常移植では AC3 の割合が 11.8% と高かった。さらに全体的負担度は 8 名中 7 名の被験者で糞上移植よりも高く、平均値は糞上移植で 2.2% であったのに対し、通常移植で

表 13. 糞上移植と通常移植の OWAS1 による作業姿勢評価

被験者	移植法	姿勢発生割合 (%)				
		AC1 問題なし	AC2 近いうちに改善すべき	AC3 できるだけ早期に改善すべき	AC4 直ちに改善すべき	AC3+AC4 全体的負担度
A	糞上	85	6	9	0	9
	通常	37	26	37	1	37
B	糞上	93	7	0	0	0
	通常	50	39	11	0	11
C	糞上	100	0	0	0	0
	通常	51	45	4	0	4
D	糞上	87	10	3	0	3
	通常	44	35	20	0	20
E	糞上	62	33	5	0	5
	通常	59	36	5	0	5
F	糞上	78	22	0	0	0
	通常	45	53	2	0	2
G	糞上	88	13	0	0	0
	通常	45	43	13	0	13
H	糞上	95	5	0	0	0
	通常	56	39	3	1	4
平均	糞上	86.0 ^A	11.8 ^A	2.2 ^a	0.0 ^a	2.2 ^a
	通常	48.3 ^B	39.7 ^B	11.8 ^b	0.3 ^a	12.1 ^b

^{ab} 同列異符号間に有意差あり (p<0.05)

^{AB} 同列異符号間に有意差あり (p<0.01)

¹ Ovako 式作業姿勢分析システム。詳細は本文を参照。

は 12.1% と有意な差が検出された。また、問題なしとされる AC1 の割合は、すべての被験者において糞上移植で通常移植よりも高く、平均値も糞上移植で明らかに高かった。

4) 考察

苗の移植によりシバを導入する場合、作業効率の面から多人数で一斉に移植を行うことが勧められている³⁰⁾。しかし、畜産農家戸数の減少、1農家あたりの農業従事者数の減少、さらには高齢化から1人でも省力的に行える移植方法の開発が望まれる。本試験で実施した糞上移植は、放牧地内に排泄された糞塊上に道具を使うことなく、足で踏みつけるだけでシバの切り出し苗を移植することが可能であることから、1人での作業に向いている。糞上移植では糞塊を探して苗を移植するため、移動歩数が通常移植時に比べ多い傾向が見られた。しかし、調査区内の総糞塊数と作業時間との間に明らかな関係は認められず、糞塊数が糞上移植の作業性におよぼす影響は明らかではなかった。また、50株のシバ苗移植に要した作業時間は糞上移植で通常移植に比べ有意に短かったが、作業時における気温と草高には両移植法の間に有意な差はないことから、両移植法による作業時間の差は作業時の気温や移植地の草高などの作業環境によるものではないと考えられた。

作業時間と定着株数から求めた作業効率は、糞上移植で通常移植に比べ明らかに高いことから、糞上移植は作業時の歩数はやや増加する傾向が見られるものの、通常移植に比べて作業効率の高い移植方法であることが明らかになった。

OWASによる作業姿勢評価では、通常移植のみで非常に有害で直ちに改善すべきである姿勢(AC4)が観察された。さらに本調査では、シバ苗を斜め掛けできるかごに入れて運搬したが、通常移植では鍬で穴を掘る際に邪魔となり、全被験者が斜め掛けすることはなく手で持って移動し、移植の度に苗かごを持ち下ろしたため、AC3の割合が高くなった。一方、糞上移植ではAC4に分類される姿勢は観察されず、全被験者が苗をいれたかごを斜め掛け、または肩に掛けたまま移動していたため、AC3の割合が低く、糞上移植では通常移植に比べ全体的負担度が有意に低くなった。また、糞上移植では前屈みになる姿勢が少ないため、問題なしとされるAC1の割合は、すべての被験者において糞上移植で通常移植よりも高く、平均値も糞上移植で明らかに高かった。さらに作業強度の評価指標とされている心拍増加率⁶¹⁾は、糞上移植で明らかに低く、糞上移植は作業姿勢、作業強度の面からも通常移植に比べ省力的である。

これらの結果から、糞上移植は通常移植と比較して、作業効率が高く、作業負担が低い極めて省力的な移植方法であると評価された。

IV. 糞上移植を用いて寒地型牧草地へ導入したシバの定着と長期的拡大

1) はじめに

II章では寒地型牧草地へのシバ導入における糞上移植の適用条件を検討したが、これらの試験はシバ苗の定着と初期生育についてのみの調査であり、その後のシバの被度拡大、特に他植生との競合については不明である。家畜の放牧とシバ草地成立の関係についてはこれまでに多くの研究が実施され、その成果は石田¹⁹⁾や大谷⁵⁵⁾によりまとめられている。しかしながら、導入したシバの被度を拡大させるためには過放牧に近い高放牧圧が良いとされているものの、放牧圧とシバの被度拡大の関係を明らかにした報告は見られない。また、合原ら¹⁾は苗が定着するまでの間は禁牧するべきであると述べている。そこで本章では、糞上移植を用いて寒地型牧草地へシバ苗を移植した直後から放牧を行い、苗の定着率を調査した。さらに異なる2水準の放牧圧条件でシバ匍匐茎の伸長を追跡調査し、実際の放牧地における糞上移植の有効性と、放牧圧が移植後のシバの被度拡大に与える影響について検討した。

2) 材料と方法

(1) 試験地

試験地は畜産草地研究所内の放牧草地(91a)であった。この草地は簡易更新後5年を経過し、オーチャードグラスやトールフェスクが株化し、一部にはケンタッキープルーグラス(*Poa pratensis* L.)が優占した寒地型牧草地であった。本試験実施以前は、黒毛和種育成牛約5頭を4月下旬から10月中旬にかけて、隣接する1haの寒地型牧草地との2牧区間で輪換放牧していた。2001年と2002年の3月に追肥として、いずれも複合肥料を用いてN、P₂O₅、K₂Oを各成分とも4kg/10aずつ施用したが、2003年以降は追肥を行わなかった。2001年6月に試験地の一部にオオアレチノギク(*Erigeron sumatrensis* Retz.)が繁茂したため掃除刈りを行った。さらに放牧地内に侵入したイヌホオズキ(*Solanum nigrum* L.)については適宜刈払いを行った。

(2) 移植法の違いが定着と匍匐茎伸長におよぼす影響の調査

試験地を10m四方の91区画に分け、このうち75区画を糞上移植を用いてシバ苗を移植する区画(以下、糞上区とする)、残り16区画を地表面に通常移植する区画

(以下、糞外区とする)とした(図 16)。糞外区は試験地内における土壌、植生、放牧圧などの空間的偏りを考慮して配置した。

2001 年 4 月 16 日から黒毛和種繁殖牛 5 頭を全区画に定置放牧し、5 月 15 日から 7 月 10 日にかけて毎週 1 回、シバ(品種:朝駆)を、糞上区へ 25 株、糞外区へ 5 株移植した。移植回数は計 9 回、移植株総数は 270 株であった。草地内にシバが均一に移植されるように移植日ごとにシバの移植場所を記録し(図 16)、1 区画の移植株数は 2-4 株とした。シバ苗は切り出し苗(Ⅱ章 1 節参照)を使用した。糞上区への移植は、排泄後 3 日以内と考えられる比較的新鮮な排泄糞上に苗を置き足で軽く踏みつけて、糞外区へは移植時における糞塊の影響を避けるため、糞の上および糞の近辺を避けた地表面にスコップで苗とほぼ同じ大きさの穴を掘り、1 株ずつ苗を穴に入れた後、足で軽く踏みつけて移植した。移植後 20 週目に枯死株数および牛による苗の引き抜き個体数と定着株の匍匐茎数、匍匐茎長を調査した。

(3) 放牧圧が定着後のシバの被度拡大におよぼす影響の調査

2002 年から試験地に低放牧圧区と高放牧圧区を設けた。2002 年 4 月の植生調査時に、移植したシバ以外の在来シバが確認されたため、これが含まれる 29 区画を除いた 62 区画のうち 30 区画を低放牧圧区(糞上区 24 区画、糞外区 6 区画)、32 区画を高放牧圧区(糞上区 26 区画、糞外区 6 区画)とし、黒毛和種繁殖牛をそれぞれ定置放牧した。2003 年より草量不足を補うため、高放牧圧区に在来シバが確認された 8 区画を含めたが、調査

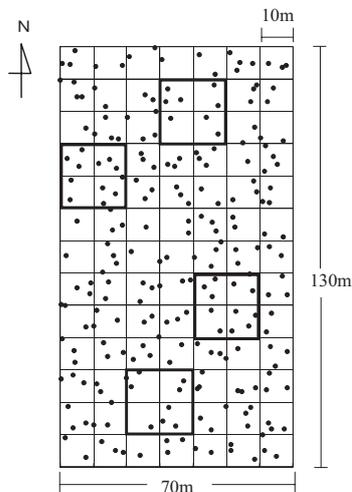


図 16. 試験地の区画とシバ苗移植地点

太枠内が糞以外の場所に移植する区画(16 区画)。図中の黒点はシバ苗の移植地点を示す。

はこの区画を除いた 32 区画で行った。調査期間中の放牧期間と両放牧圧区における放牧頭数を表 14 に示した。また放牧牛の体重は放牧期間中、毎月 1 回測定した。

両放牧圧区におけるシバ匍匐茎の伸長を調査するために 2002 年 4 月に定着しているシバ苗のうち、低放牧圧区の糞上区から 24 株、糞外区から 6 株、高放牧圧区の糞上区から 26 株、糞外区から 6 株を選定した。2002 年と 2003 年の放牧前の 4 月、放牧中の 8 月、放牧終了後の 10 月に調査枠(図 17)を用いて、選定した定着苗から周囲に伸長したシバ匍匐茎が出現したメッシュ数(以下、シバ出現メッシュ数とする)を計測した。また、2001 年から 2003 年には入牧 1 週間前に 1 区画につき任意 1 地点において、1m² 枠内における植生被度を寒地型牧草(オーチャードグラス、トールフェスク、ペレニアルライグラス(*Lolium perenne* L.)), ケンタッキーブルーグラス、レッドトップ(*Agrostis alba* L.)), シロクロバ(*Trifolium repens* L.))と野草に分けて記録した。シバの被度は 1% 以下であったため、野草に含めた。さらに 2004 年と 2005 年には両放牧圧区にそれぞれ 10 個

表 14. 放牧期間、放牧圧、乾物生産量および放牧牛の体重維持に要する乾物量

	2001	2002	2003	2004	2005
入牧日(月/日)	4/16	4/22	4/24	4/26	4/25
退牧日(月/日)	10/11	10/17	10/16	10/7	10/14
放牧圧					
低放牧圧区		5.5	3.1	3.1	3.1
(頭/ha)		8.1	5.9	5.0	5.0
高放牧圧区					
乾物生産量		47.2	41.0	61.1	36.1
(kgDM/ha/日)		46.6	22.4	39.2	31.0
低放牧圧区	54.6 ²				
高放牧圧区					
体重維持に要する		38.5	21.7	21.7	21.7
乾物量(kgDM/日) ¹		38.5	21.7	21.7	21.7
低放牧圧区	38.5 ²				
高放牧圧区		56.7	41.3	35.0	35.0

¹ 草地の乾物消化率を 60% としたときに、体重 400kg の黒毛繁殖雌牛の維持に要する必要乾物量を 7.0kg/日⁵⁰⁾ として算出

² 2001 年は試験区全体の値(放牧圧処理開始前)

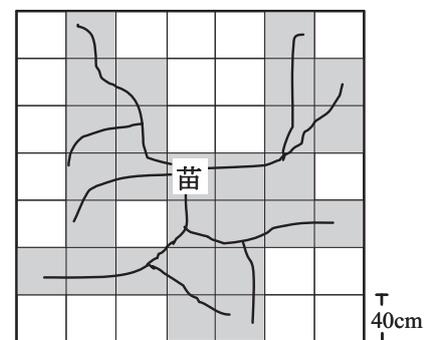


図 17. シバ匍匐茎調査枠の概要

1 メッシュの大きさは 40×40cm。中央が苗を移植したメッシュ。この例では斜線部がシバ匍匐茎が出現したメッシュ(27 メッシュ)となる。

の定置枠 (1m²) を設置し、入牧前の4月と終牧後の10月に枠内における出現草種ごとの草高および被度を記録し、各草種について積算優占度 (Summed dominance ratio, SDR₂)⁶³⁾ を算出した。

試験地の乾物生産量を算出するために、シバ苗を移植した2001年には放牧地全体に5個の、2002年以降は両放牧圧区にそれぞれ4個のプロテクトケージ (1.2m×1.2m×高さ1.2m) を設置し、毎月1回、ケージ内外の枠内 (1m²) を高さ3cmで地上部を刈取り、70℃で3日間乾燥後、乾物重を測定した。刈取り時には、両放牧圧区の草高を任意の50点についてそれぞれ測定した。また、日本飼養標準⁵⁰⁾ より、放牧時における黒毛繁殖雌牛 (体重400kg) の維持に必要な乾物要求量を算出した。

(4) 検定

シバ苗の定着率については、 χ^2 による分割表の検定を用いて有意差検定を行った。その他の項目については、対応のないt検定を用いて平均値の差の検定を行った。検定結果は、危険率5%未満の場合には有意差があるものとした。

3) 結果

(1) 糞上移植と通常移植で移植したシバ苗の定着率と匍匐茎の伸長

糞上区と糞外区に移植したシバ苗の移植後20週目における定着率および牛による苗の引き抜き個体数を表15に示した。6月20および26日に糞上区へ移植した苗の定着率は糞外区に移植した苗に比べ有意に高かった。さらに放牧牛によるシバ苗の引き抜きは、糞上区へ移植した苗では確認されなかったが、糞外区へ6月26日に移植した5苗中2苗で確認された。移植後20週目における定着苗の匍匐茎発生苗割合と平均匍匐茎数、平均匍匐茎長を表16に示した。定着したすべてのシバ苗における匍匐茎発生割合、平均匍匐茎数、平均匍匐茎長の平均値は糞外区で糞上区に比べやや高い傾向が見られたが、有意な差は見られなかった。

移植後2-3年目におけるシバ苗周辺への匍匐茎の伸長をシバ出現メッシュ数で示した (図18)。糞上区から選定したシバ苗のうち2002年8月以降に低放牧圧区および高放牧圧区でそれぞれ2および1株が枯死したため、これらについては解析から除外した。全調査期における1株あたりのシバ出現メッシュ数は高放牧圧区、低放牧圧区いずれの放牧圧区においても糞上区と糞外区の間で有意な差は見られなかった。一方、糞上区と糞外区を合わせた場合、2003年のシバ出現メッシュ数は、高放牧

圧区において低放牧圧区より高い傾向を示し、10月には両区間に有意な差が検出された。

表 15. 移植後20週目におけるシバ苗の定着率と牛による引き抜き個体数 (2001年)

移植日	定着率 (%)		牛による引き抜き個体数(株)	
	糞上区	糞外区	糞上区	糞外区
5月15日	84	100	0	0
5月25日	88	100	0	0
5月29日	84	100	0	0
6月5日	84	100	0	0
6月13日	88	80	0	0
6月20日	96 ^a	80 ^b	0	0
6月26日	92 ^a	60 ^b	0	2
7月3日	76	80	0	0
7月10日	88	80	0	0
平均	87	87	0	0.2

^{ab} 同一移植日において異符号を付した定着率間に有意差あり (p<0.05)

表 16. 移植後20週目におけるシバ定着株数と定着株の匍匐茎発生割合と匍匐茎の本数および長さ (2001年)

移植日	定着株数 (株)		匍匐茎発生株割合 ¹ (%)		平均匍匐茎数 ¹ (本/株)		平均匍匐茎長 ¹ (cm/株)	
	糞上区	糞外区	糞上区	糞外区	糞上区	糞外区	糞上区	糞外区
5月15日	21	5	100	100	4.7	3.8	15.9	14.8
5月22日	22	5	95	100	5.6	3.0	20.0	14.8
5月29日	21	5	86	100	3.1	5.6	12.0	18.3
6月5日	21	5	90	100	5.9	4.8	16.1	23.6
6月13日	22	4	81	100	4.5	7.3	12.1	15.4
6月20日	24	4	96	100	4.9	4.8	16.9	14.7
6月26日	23	3	95	100	7.4	9.0	16.0	23.1
7月3日	19	4	89	100	3.7	7.3	10.4	13.3
7月10日	22	4	82	100	6.2	9.8	10.6	14.0
平均	22	4	91	100	5.1	6.2	13.7	17.3

¹ 各移植日および平均において、匍匐茎発生株割合、平均匍匐茎数および匍匐茎長に対する移植法の効果 (糞上区と糞外区の差) は有意 (p<0.05) ではない

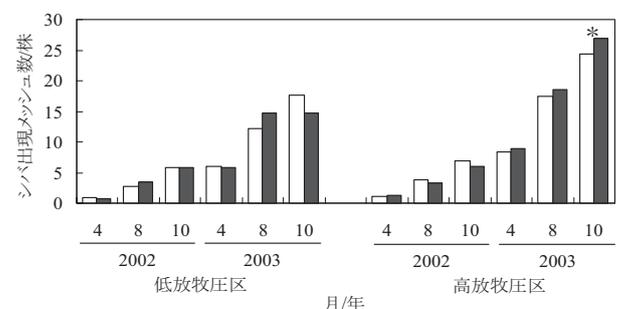


図 18. シバ苗匍匐茎の伸長

シバ匍匐茎が出現したメッシュ数 (図17参照) で示した。□: 糞上区 (低放牧圧区; n=22, 高放牧圧区; n=25), ■: 糞外区 (低放牧圧区; n=6, 高放牧圧区; n=6)。*: 糞上区と糞外区を込みにした場合、低放牧圧区との間に有意差あり (p<0.05)。

(2) 異なる放牧圧条件下におけるシバの被度拡大

2001 年から 2003 年の移植地における牧草と野草の被度を表 17 に示した。移植年の 2001 年には試験地の牧草被度は 74% であったが、2003 年には低放牧圧区で 48%、高放牧圧区で 38% まで低下した。シバの被度が拡大し始めた 2004 年以降における SDR₂ 上位 5 草種とシバ (上位 5 草種に含まれない場合) の被度および出現頻度を表 18 に示した。両放牧圧区ともに 2004 年 4 月のシバの被度は 1% 以下であった。高放牧圧区では 2004 年 10 月に被度が 15.7% で SDR₂ 第 1 位となり、2005 年 10 月の被度は 54.1% まで高まった。一方、低放牧圧区では 2005 年 10 月にシバの被度は 17.0% となり、SDR₂ 第 3 位となった。両放牧圧区の草高は 2002 年においては類似した推

移を示したが、2003 年以降は高放牧圧区における草高は 2-12cm で推移し、8-26cm で推移した低放牧圧区に比べ有意に低いことが多かった (図 19, 図 20)。乾物生産量は 2003 年に高放牧圧区において著しく減少したが、2004 年には回復し、高放牧圧区、低放牧圧区ともに年度による変動はあるものの 2001 年から 2005 年にかけて漸減した (表 14)。2002, 2003, 2005 年の高放牧圧区における乾物生産量は、放牧時における黒毛繁殖雌牛 (体重 400kg) の維持に必要な乾物要求量よりも低かった。放牧牛は毎年、放牧期間中に全個体が増体し、さらに妊娠牛は放牧中または放牧後に正常に分娩した。

表 17. 移植地における寒地型牧草¹と野草²の被度の推移 (2001-2003)

年	牧草被度 (%)		野草被度 (%) ¹	
	低放牧圧区	高放牧圧区	低放牧圧区	高放牧圧区
2001 年	74 ³		11 ³	
2002 年	70	81	21	18
2003 年	48	38	38	44

¹ 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、シロクロローバ

² シバを含む牧草以外の草種

³ 2001 年は試験区全体の値 (放牧圧処理開始前)

4) 考察

通常移植で切り出し苗を移植するためにはポット苗や匍匐茎に比べて大きな穴を掘る必要があるが、糞上移植を用いることで、寒地型牧草地へ切り出し苗を特別な道具を使用することなく移植することが可能であった。

シバ苗移植後は掃除刈りや放牧により他植生を抑制することでシバの生育は促進される。しかし移植直後から放牧を行えば、牛による苗の引き抜きや蹄傷を受け定着率が低下する¹⁾ため、苗が定着するまでの間は禁牧を行い、掃除刈りをするのが薦められている³⁰⁾。本試

表 18. 積算優占度 (SDR₂) 上位 5 草種とシバの被度および出現頻度 (2004-2005 年)

調査時期	低放牧圧区				高放牧圧区			
	SDR ₂ 順位	草種名 ¹	被度 (%)	出現頻度 (%)	SDR ₂ 順位	草種名	被度 (%)	出現頻度 (%)
2004 年 4 月	1	KB	11.0	90	1	KB	9.5	100
	2	TF	2.3	60	2	WC	7.5	80
	3	WC	5.8	90	3	ナズナ	1.4	50
	4	オランダミミナグサ	1.3	80	4	オランダミミナグサ	3.2	90
	5	ナズナ	0.3	40	5	タチイヌノフグリ	0.7	90
	15	シバ	1.0	40	13	シバ	0.9	60
2004 年 10 月	1	オオチドメ	19.4	100	1	シバ	15.7	80
	2	イヌタデ	3.3	70	2	KB	4.0	80
	3	チカラシバ	1.5	30	3	カタバミ	0.8	70
	4	シバ	4.3	60	4	ハルジオン	3.1	90
	5	KB	1.7	90	5	オオチドメ	5.5	70
2005 年 4 月	1	KB	13.6	100	1	KB	15.5	90
	2	WC	18.3	90	2	シバ	18.6	80
	3	TF	3.2	50	3	WC	14.5	80
	4	タチイヌノフグリ	7.1	80	4	ハルジオン	6.9	80
	5	オランダミミナグサ	2.7	100	5	オランダミミナグサ	2.0	100
	13	シバ	3.7	30				
2005 年 10 月	1	メヒシバ	19.2	90	1	シバ	54.1	100
	2	オオチドメ	21.0	100	2	メヒシバ	12.7	100
	3	シバ	17.0	70	3	オオチドメ	9.8	90
	4	イヌタデ	11.5	90	4	ハルジオン	4.1	80
	5	チカラシバ	8.7	40	5	ヒメクグ	2.9	70

¹ KB: ケンタッキーブルーグラス, TF: トールフェスク, WC: シロクロローバ

験では移植直後も放牧を継続したが、牛は糞塊周辺牧草の採食を避ける⁶⁸⁾ことから、糞上移植した苗は牛による引き抜きを受けなかった。このことから糞上移植は、移植直後から放牧を開始することで掃除刈りの手間を省くことができる有効な移植法といえる。

また、Ⅱ章2節の結果から、糞上移植されたシバ苗は糞塊からの養分供給により、糞上移植されたシバ匍匐茎の生育は糞以外の場所へ移植した苗よりも良好になると考えられたが、本試験では移植後20週目における匍匐茎発生率、匍匐茎発生本数および匍匐茎長はいずれも糞外区でやや高い傾向が見られた。これは前植生である寒地型牧草の根が糞塊直下にまで分布し、糞塊から放出された養分がシバに吸収されるよりも早く寒地型牧草に吸収されたため、ポット試験のような糞の効果が見られなかったと考えられた。さらにシバ苗を糞上移植した場合、移植苗周辺には不食過繁地が形成される。しかし不食過繁地は糞の大きさにも左右されるものの約6ヶ月で消失する⁶⁹⁾。本試験においても、移植から9ヶ月以上経過した2002年4月から2003年10月にかけてのシバ匍匐茎の伸長には糞上区、糞外区の間には有意な差はなく、移植翌年以降のシバの生育に糞の影響は見られなかった。

シバ苗定着後は、高い放牧圧をかけることや掃除刈りにより周辺植生を抑制し^{27,36,30)}、シバへの庇陰を回避することでシバの被度拡大は促進される^{3,18)}。しかしながら、放牧頭数の過剰な増加は、シバの蹄傷を招き³⁾被度拡大が遅くなるうえに、牧草が不足し補助飼料の給与が必要となる。本試験では寒地型牧草地にシバを導入し、補助飼料を必要とせずに緩やかにシバの被度拡大を促進する放牧頭数を明らかにするため、異なる2水準の放牧条件でシバの匍匐茎伸長と被度拡大を調査した。

両放牧圧区ともに年次を経るに従い寒地型牧草の被度

は低下した。小山ら³¹⁾は、放牧牛はシバよりも寒地型牧草を好んで採食することを示しており、本試験における寒地型牧草被度の低下には、寒地型牧草に対する選択的な採食圧が影響したと考えられた。さらに高放牧圧区では2003-2005年の放牧期間中における草高は10cm前後で維持された。一方、低放牧圧区における草高は高放牧圧区に比べ有意に高いことが多かった。河野ら²⁴⁾によれば、高放牧圧条件下では放牧牛により嗜好性の低い草種も繰り返し採食される。高放牧圧区では選択的な採食圧により早期に寒地型牧草が衰退したため、その他の草種も早期から繰り返し利用されるようになったが、低放牧圧区では寒地型牧草の衰退が遅かったため、嗜好性の劣るその他の草種の利用が高放牧圧区より遅延し、その結果として両放牧圧区の草高に差が生じたと推察された。また、低放牧圧区の2005年におけるシバの被度が17.0%と高放牧圧区の54.1%に比べて低かったことは、移植地の草高が高くシバへの庇陰が生じたためであると考えられた。このことから寒地型牧草が優占した草地においてシバの被度拡大を促進するためには、移植地の草高が10cm前後に維持された、本研究における高放牧圧区程度の放牧圧が望ましい。

さらに本試験では乾物生産量の急激な減少を避けるため2001年および2002年3月に3要素を各4kg/10aとした少量施肥を行った。施肥を中止した2003年における低放牧圧区および高放牧圧区の乾物生産量には急激な低下が見られたが、2004年には両放牧圧区ともに回復した。2002年における両牧区の放牧頭数は試験期間中において最も多かったことから、2003年における乾物生産量の低下は前年にかけての高い放牧圧の影響と考えられた。両放牧圧区ともに年度による増減はあるものの2001年から2005年にかけて乾物生産量は漸減してい

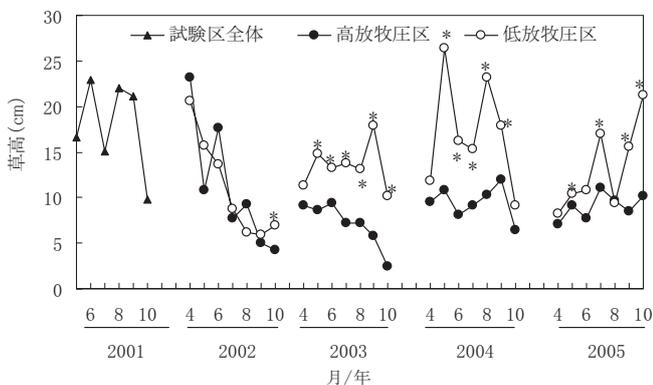


図 19. 移植地における草高の推移
* : 放牧圧間に有意差あり ($p < 0.05$)



図 20. 2005年10月における低放牧圧区、高放牧圧区の様子

ることから、施肥を行わなくとも乾物生産量の急激な低下は生じないと考えられた。さらに、シバ移植地への施肥はシバの生育を抑制することが指摘されている³⁵⁾。省力的にシバ草地化を進める面からも、寒地型牧草が優占した草地をシバ草地化するには施肥を行う必要はないと考えられる。

また、2002、2003、2005 年の高放牧区における乾物生産量は、放牧時における黒毛繁殖雌牛（体重 400kg）の維持に必要な乾物要求量よりも低かった。さらに茨田ら³⁾は野草地化が進んだ長草型放牧草地において放牧牛の血液性状を調査し、乾物生産量が 36.8kg/ha/日の放牧草地における放牧可能頭数は、空胎牛で 6 月から 10 月上旬にかけて 4 頭/ha としている。しかし、本試験では両放牧区ともに毎年、供試牛は増体していた。この原因として、乾物生産量はプロテクトケージを用いたケージ内外の刈り取り差法で求めたため、草高が低く維持された高放牧区では、刈り取り時による誤差が生じたと考えられた。さらに、高放牧区では牧草の現存量が少ないため、同じ場所の牧草が頻りに牛の採食を受けたため、4 週間に 1 回の刈り取りでは正確なデータが得られなかったと推察される。いずれにせよ、供試牛は増体し、妊娠牛は正常に分娩していた状況から考え、本試験で設定した放牧頭数は適切であったと判断された。

以上のことから、シバの切り出し苗を用いた糞上移植は、放牧を継続しながら省力的にシバ草地化できる有効な方法であることが明らかとなった。さらに施肥を中止し、5-6 頭/ha の放牧を行い放牧期間中の草高を 10cm 前後で維持することで、特別な管理を行わなくとも寒地型牧草からシバ草地へ移行できることが示唆された。

V. 総合考察

日本各地には総面積が 10 万 ha にもおよぶ公共草地在しているが、高泌乳牛の導入による精密個体管理や安価な購入飼料の導入によりその利用率は低下している。しかし近年、バイオエタノールとの競合などから輸入飼料の価格が高騰し、日本国内における飼料自給率の早急な向上が求められている。公共牧場は日本の草地面積の 16%、都府県では 40% を占めることから飼料自給率向上のためには、公共牧場の利用率向上が不可欠である。しかし、公共牧場では利用率向上のために生じた業務の多様化から、草地維持管理作業の省力化が求められている。公共牧場の草地造成時に導入された寒地型牧草

は、高い生産性と栄養価を持つが、この特性を維持するためには掃除刈りや施肥といった緻密な管理を必要とする上、季節による生産量の差が大きい。これに対して、日本在来種であるシバ (*Zoysia japonica* Steud.) は、生産量は少ないものの日本の気候に適し夏期の生産性も比較的安定している。さらに定着すれば施肥等の管理を必要とせず、長期にわたり放牧利用することが可能である²⁰⁾ ことから、公共牧場においてもその利用が見直されている。シバ草地の造成についてはこれまでに様々な方法が開発されている¹⁹⁾ にもかかわらず、近年行われたアンケートではより省力的な造成法が求められており、さらに寒地型牧草へのシバ導入に関する研究は殆どない。ここでは、寒地型牧草を放牧利用しながら省力的にシバ草地へ移行させる技術の開発を目的として行われた実験、調査の結果から、これまでの造成法よりも省力的に寒地型牧草を放牧利用しながらシバ草地へ移行させる方法を提案する。

シバは光を好む植物のため、これまでのシバ草地造成法ではシバ苗導入前後に刈り払いによって前植生を除去することが勧められている³⁶⁾。放牧によって前植生を採食させる場合もあるが、シバ苗移植直後は牛による引き抜きが生じるため、一定期間の禁牧が必要とされ、禁牧期間中の周辺植生の刈り払いや禁牧期間中の飼料の確保が必要である。そのため、移植直後から放牧を行うことが可能な移植法であれば、シバ苗移植前後の刈り払いが省力化できる。さらに牛は糞塊の臭気を嫌い、一定期間、糞塊周辺の草を採食しないことから、糞塊上または糞塊周辺にシバ苗を移植することで牛からシバ苗の採食を避けることが可能である。佐々木ら⁵⁹⁾ は、放牧地の排泄糞上にシバや牧草苗を移植することで放牧地における裸地の植生改善が可能な事を明らかにしている。しかし、佐々木らは糞上に移植したシバ匍匐茎と糞以外の場所に移植したシバ匍匐茎の定着と初期生育を比較した結果についてのみ報告しており、糞塊がシバ苗におよぼす影響や他植生との競合などについては調査していない。

そこで、Ⅱ章において寒地型牧草へのシバ導入における糞上移植の適用条件を、苗の形状、糞塊に含まれる養分、放牧地表層土壌の硬度、そして糞塊周辺に形成される不食過繁地により生じるシバ苗への庇陰のそれぞれが、シバ苗の定着と初期生育におよぼす影響から検討を行った。さらにⅢ章において移植作業の省力性について作業姿勢の面から検討を行った。

糞上移植に利用する苗は、バラシ苗のように土壌を払った乾燥に弱い苗は適していなかった。ポット苗、切

り出し苗はいずれも定着率、初期生育が高かったが、準備の簡便さから、既存のシバ草地からシバを切り出す、切り出し苗が適していると判断した。

糞上移植は、糞塊上に苗を移植することから、移植された苗は糞以外の場所とは異なる環境におかれる。糞塊からは直下土壤に養分が放出されるため、一時的に土壤中の養分濃度が高くなり、シバ苗のみ存在するポット試験ではシバ苗の根活性が抑制される傾向が見られたが、乾物生産量は糞を設置しない区に比べ有意に多かった。また、放牧草地は踏圧などにより表層土壤が硬いため、穴を掘らずに移植する糞上移植では、シバ苗の根が土壤中に侵入しにくく、定着および初期生育に影響が生じると考えられた。しかし、糞上移植されたシバ苗の初期生育は、通常移植された苗よりも優れており、表層土壤硬度の影響は見られなかった。さらに糞塊周辺に形成される不食過繁地により、シバ苗への庇陰が生じる。寒地型牧草地への移植の場合は、草高の高い寒地型牧草の繁茂によりシバ苗への積算日射量は糞塊以外の場所に移植されたシバ苗よりも低くなる傾向が見られた。しかし、不食過繁地の形成により生じる積算日射量の低下はシバの定着および初期生育を阻害しなかった。

これらのことから、糞上移植で移植された苗は通常に移植された苗と異なる環境におかれるものの、シバ苗の定着や初期生育を著しく阻害する要因は少なく、糞上移植は寒地型牧草地へシバを導入する方法として特別な適用条件はなく、利用可能な事が明らかになった。

さらに作業性に関する調査から、糞上移植は、作業効率、作業負荷、作業姿勢いずれの点においても、鋤を利用して移植を行う通常移植に比べ優れていた。

以上の結果をもとにIV章において実際の放牧地に糞上移植でシバを移植した。移植されたシバ苗は、移植直後から放牧を開始しても牛による引き抜きは全く見られず、移植直後から放牧が可能で、移植後の刈り払いも必要なかった。しかし、シバのみを移植したポット試験では糞塊からの養分供給によりシバの乾物生産量が増加したが、放牧地における調査では、糞上移植で移植されたシバ苗の匍匐茎長に糞塊による明らかな匍匐茎伸長の差は見られなかった。これは、周辺植生の根が糞塊直下まで伸長しており、土壤中に放出された養分はシバ苗よりも周辺植生に吸収されたためと考えられ、他植生が存在する放牧地では糞塊から養分供給による乾物生産量の増加は期待できないが、糞塊による生育阻害も見られないことが明らかになった。また、移植2年目以降におけるシバの拡大に、移植法による違いは見られなかった。

以上の結果から、糞上移植は寒地型牧草地を放牧利用しながらシバ苗を省力的に導入する方法として適していると判断した。

シバ移植後は1haあたり3-4頭³⁶⁾、前駆草を導入する場合は5-6頭³⁰⁾の放牧圧により、過放牧状態に保つことが必要であるとされている。しかし、これらの放牧圧とシバの被度拡大の関係について明らかにした報告は見あたらない。寒地型牧草地にシバを3株/a導入した本研究では、これまで示されていたよりも高い5-8頭/haの高い放牧圧を保った高放牧圧区において5年目に54.1%とシバの被度が高くなった。一方、移植年と移植翌年の2年間、6頭/haの放牧を行い、3年目から放牧圧を3頭/haに下げた低放牧圧区では、移植5年目の秋におけるシバの被度は17.0%にとどまった。山本ら⁷²⁾は、放牧圧の違いはシバ草地へ移行する時間の違いであるとしているが、低放牧圧区ではチカラシバやオオアレチノギクの侵入が見られ、刈り払いなどを行わずに放牧のみで省力的にシバ草地を造成するためには、移植後3年以上は5-8頭/haの高い放牧圧をかけ、草高を10cm程度に保つ必要があると考えられた。一方で、高放牧圧区では刈り取り差法により得られた乾物生産量が放牧牛の維持に必要な乾物量を満たしていない年がみられた。さらに、シバが十分に被覆した状態であっても過放牧によりシバの被度が低下した²⁴⁾との報告もある。これらのことから、寒地型牧草の衰退やシバの被度拡大にあわせて放牧圧を変えることが重要である。また、寒地型牧草とシバの混播草地への施肥は牧草の生育を促進しシバの生育を抑制する³⁵⁾ことから、シバ導入後は施肥は中止する。

以下に、公共牧場等を放牧利用しながら省力的にシバ草地へ変換させる方法について提案する。公共牧場などでシバを導入しようとする場合、大面積に一度にシバの導入を試みる場合が多い。しかし、移植後、放牧のみで省力的にシバの被度を拡大させるためには放牧圧を高く維持する必要があることから、一度に大面積に導入するのではなく、数年を掛けて徐々に面積を拡大していくことが望ましい。シバを導入する場所は日当たりの良い場所が適している。導入場所を決定したら、簡易電牧等で囲い、施肥を中止する。定置放牧を行い、関東北部であれば梅雨時期の5月下旬から7月上旬にかけて見回り時などに、1日10-30株程度のシバ苗を移植するのが最も省力的である。一度にまとまった数を移植する場合は、糞塊を集中的に移植地に排泄させる必要がある。概ね排泄後2日以内の糞塊に移植を行えば定着すること、放牧牛は1日あたり約6-10回の排泄を行う^{20,25)}ことから、

10頭の放牧牛を2日間放牧すると、120-200個の糞塊が移植地に排泄される。しかし、糞塊は水飲み場や休息場など、牛が長く滞在する場所に偏ること¹⁰⁾から、放牧地内に簡易の水飲み場を設置するなど、糞塊を移植地内に点在させる工夫を行うことで、1回に100苗程度が移植できると考えられる。シバ苗移植後は、移植地の牧草割合に応じて5-8頭/haの定置放牧を行い、特に春先のスプリングフラッシュに注意し、草高を常に10cm以下に維持する。移植後3年程度経過し、シバの被度が10%程度まで拡大し始めた後は、徐々に放牧圧を低下させる。シバが優占した後は、おおよそ1haあたり成牛1-2頭の放牧を行うことで、持続的な放牧利用が可能である。

以上より、糞上移植は寒地型牧草地への省力的なシバ導入方法であることが本研究で初めて明らかになった。さらに、シバを導入した寒地型牧草地を放牧のみで省力的にシバ草地へ植生変換するために必要な放牧圧についての長期的な研究は本研究が初めてであった。これらの新たな知見は、公共牧場の草地管理技術および利用率向上に貢献し、日本における飼料自給率の向上に寄与できるものと考えられる。

謝 辞

本研究の実施にあたって、お忙しい中、終始ご指導をいただいた元(独)畜産草地研究所飼料作生産性向上チームの畠中哲哉教授に深甚なる謝意を表します。また、適時に有益なご指導をいただいた、宇都宮大学農学部生物生産科学科の杉田昭栄教授、現・日本獣医畜産大学板橋久雄客員教授ならびに現・広島大学大学院生物圏科学研究科の黒川勇三准教授に深謝の意を表します。さらに元茨城大学農学部生物生産科学科の中村豊教授、東京農工大学農学部生物生産科学科の鈴木創三教授には本論文をご校閲いただき、有益なご助言をいただいたことに、厚く御礼申し上げます。

本研究の緒を与您いただき、終始心温まる激励をいただきました(独)畜産草地研究所の梨木守研究管理監、同研究所資源循環・溶脱低減研究チームの佐々木寛幸博士ならびに(独)近畿中国四国農業研究センターカバークロープ研究近中四サブチーム大谷一郎チーム長に対し心より御礼申し上げます。

研究の遂行にあたっては、畜産草地研究所放牧管理研究チーム山本嘉人博士、現(独)農業環境技術研究所生物多様性研究領域西田智子博士に終始ご指導、ご鞭撻をいただいた。また、産前産後休暇ならびに育児休業中

においては、(独)東北農業研究センター寒冷地飼料資源研究チームの池田堅太郎博士に試験遂行のためご尽力いただいた。土壌の分析にあたっては、同研究所草地多面的機能研究チームの寶戸雅之チーム長のご協力をいただいた。この他、元畜産草地研究所高橋繁男研究管理監、同研究所放牧管理研究チーム員を始め、多くの諸先輩方からご協力とご教示をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

畜産草地研究所業務第3科の職員諸氏には、試験ほ場ならびに供試牛の管理を担当していただき円滑な調査にご尽力いただいた。また圃場における調査、分析については、鈴木博子女史、中村喜代子女史をはじめとする契約職員諸氏のご協力をいただいた。ここに記して心より御礼申し上げます。

最後に、社会人と学生という二重の生活を支えてくれた、夫・喜田環樹と娘・ちひろにありがとうの言葉を贈ります。

引用文献

- 1) 合原義人(2005). 山間傾斜地におけるシバ草地造成技術の開発(放牧によるシバ草地造成技術), 社団法人茨城県畜産協会, 水戸市, <http://ibaraki.lin.go.jp/new/chikusan-ibaraki/17-07/05.html> [2006年5月1日参照]
- 2) 安西徹郎(1990). 11.CNコーダー, NCアナライザー, 植物栄養実験法(植物栄養実験法編集委員会編), 博友社, 東京, 159-163.
- 3) 茨田 潔・小野圭司・高橋覚志・矢口勝美(2002). 山間傾斜地におけるシバ草地造成技術の開発, 茨城畜セ研, 33, 133-145.
- 4) 江原薫(1968). 第9章芝生の繁殖法. 2. 芝生の栄養繁殖法, 芝草と芝地, 養賢堂, 東京, 270-281
- 5) 福田栄紀・北原徳久・坂上 清(1991). シロクローバー個体群の動態に及ぼす不食過繁地の影響, 日草誌, 37, 299-300.
- 6) 二見敬三(1990). 3. 根活性診断法, 植物栄養実験法(植物栄養実験法編集委員会編), 博友社, 東京, 49-60.
- 7) 後藤重義(1990 a). 5. 灰化法, 植物栄養実験法(植物栄養実験法編集委員会編), 博友社, 東京, 125-127.
- 8) 後藤重義(1990 b). 7. 原子吸光法, 植物栄養実験法(植物栄養実験法編集委員会編), 博友社, 東京,

- 134-142.
- 9) 袴田共之 (1986). 放牧草地における乳用育成牛排泄物の肥料的評価に関する研究, 北海道立農業試験場報告, 55, 1-88.
- 10) Hakamata T and Hirashima T (1978). Evaluation of Cattle Excreta on Pasture Fertility. I. The excretal dispersion models and their applicable conditions, J.Japan.Grassl.sci, 24, 162-171.
- 11) 原田久富美 (2004). 3.8.1 無機成分, 草地科学実験・調査法 (日本草地学会編), 全国農村教育協会, 東京, 101-103.
- 12) 早川康夫・高畑 滋 (1975). 放牧草地の生態学的管理の研究 第3報. 北限地におけるシバの生態と分布, 北農試研報, 111, 125-142.
- 13) 早坂貴代史・西口靖彦・安藤 貞 (2005). 無施肥のシバ優占草地放牧の黒毛和種繁殖雌牛における放牧密度別の生産性と栄養管理, 近畿中国四国農業研究センター研究報告, 4, 69-107.
- 14) 本多 侖 (1973). 日本芝の形態と生態, II 茎の形態構造と栽培との関連, 芝草研究, 2, 9-11.
- 15) 細木康彦 (1998). 放牧草地におけるシバの特性と利用法, 畜産ジャーナル 11 (4), 40-46.
- 16) 福見良平・熊井清雄 (1997). 集約管理したシバ草地の乾物生産力ならびにノシバの有機・無機成分の季節的消長, 日草誌, 43 (別), 322-323.
- 17) 井出保行・林治雄・須藤賢司 (1993). シバ型草地の植生維持に果たす排フン・不食過繁地の役割, (1) フンの養分放出特性と構成草種 (シバ・シロクローバー) の反応特性, 日草誌, 39, 137-138.
- 18) 井上隆吉・佐々木泰斗 (1958). シバの被陰試験, 東北農試研報, 14, 92-103.
- 19) 石田良作 (1990). 我が国におけるシバおよびシバ型草地研究の成果と展望, 日草誌, 36, 210-217.
- 20) 石井 幹 (1986). VII. 排泄行動, 牛の行動学入門, 中央畜産会, 東京, 256-266.
- 21) 伊藤秀三 (1977). 3. 2 草地管理と遷移, 群落の遷移とその機構 (沼田真編), 朝倉書店, 東京, 127-138.
- 22) 加藤克明 (2003). 農業・農村の高齢化の動向と技術開発に関わる課題, 農作業研究, 38, 241-246.
- 23) 川端幸蔵 (1978). 第2章 回帰と相関 2.1.8 相関係数の検定と推定, 応用統計ハンドブック (応用統計ハンドブック編集委員会編), 養賢堂, 東京, 114-120.
- 24) 河野道治・大槻和夫・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1報 造成したシバ草地の植生の遷移, 四国農試報, 44, 141-157.
- 25) 北川美弥・黒川勇三 (2001). 黒毛和種繁殖牛群における排糞行動および排糞量と管理方法との関係, 日草誌, 47 (別), 148-149.
- 26) 北原徳久・吉村義則・鈴木慎二郎 (1985). 数種のシバ造成法について, 日草誌, 31, 212-213.
- 27) 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, 1276-1280.
- 28) 北村文雄 (1970). 日本芝の園芸的分類および成立に関する研究, 東大園芸実験所報告, 3, 1-60.
- 29) 小林 真・蝦名真澄・生永治彦・岡野秀樹・徳弘令奈 (2000). 匍匐茎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, 3, 41-43.
- 30) 高知県畜産試験場 (1997). シバポット移植法を用いたシバ草地造成マニュアル, 高知県畜産試験場, 佐川町 (高知県), 71 p.
- 31) 小山信明・塩見正衛・築城幹典・高橋繁雄・秋山侃・大久保忠旦 (1986). 放牧草地におけるエネルギーの流れ. III. 草種構成割合の変化が牧草のエネルギー現存量に及ぼす影響, 草地試研報, 35, 24-34.
- 32) Karhu O, Kansilä P and Kuorinka I (1977). Correcting working postures in industry: A practical method for analysis, Appl Ergon, 8, 199-201.
- 33) 松村正幸 (1981). シバ草地の自然分布南限考, 草地生態, 19, 27-36.
- 34) 松永俊朗 (1990). 2) フローインジェクション分析, 植物栄養実験法 (植物栄養実験法編集委員会編), 博友社, 東京, 156-159.
- 35) 三田村 強・小川恭男・岡本恭二 (1990). 落葉広葉樹林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. 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.
- 36) 光富 伸 (1981). 野草地 (野シバ草地) の牧養力と利用技術, 草地試資料, 56-7, 34-60.
- 37) 宮崎朋浩・片岡正登 (2004). イチゴ栽培システムにおける作業姿勢に基づく農作業の労働負荷測定および評価法の確立, 長崎総農林試研報, 30, 29-39.

- 38) 本村 悟 (1993). 養分の供給を支配する科学的環境, ノシバ, コウライシバ (中村直彦編), ソフトサイエンス社, 東京, 124-128.
- 39) 中原吉春 (1987). シバの収集と生育特性及び成分評価, 山地傾斜地における草地畜産管理システムの確立に関する総合研究, 農林水産技術会議事務局研究成果, 192, 278-279.
- 40) 中山貞夫 (2002). シバ型牧草の利用実態に関するアンケート調査結果より, グラス&シード, 4, 7-9.
- 41) 南條正巳 (1997). 12. 可給態リン酸, 土壤環境分析法 (土壤環境分析法編集委員会編), 博友社, 東京, 267-273.
- 42) 日本草地畜産種子協会 (2005). シバ型草地の造成と利用マニュアル, 日本草地畜産種子協会, 東京, 86 p.
- 43) 農業技術研究機構 (2002). 日本標準飼料成分表, 2001年版, 中央畜産会, 東京, 245 p.
- 44) 農林水産省 (2006). 2005年農林業センサス 農林業経営体調査統計表 (確定値), 農林水産省, 東京, http://www.maff.go.jp/census/2005/result_outline5.html [2006年8月25日参照].
- 45) 農林水産省 (2005a). 公共牧場をめぐる情勢, 農林水産省, 東京, <http://www.maff.go.jp/lin/06-siryou.html> [2007年10月16日参照].
- 46) 農林水産省大臣官房統計部 (2007). ポケット畜産統計, 平成18年度版, 農林水産省大臣官房統計部, 東京, 139-167.
- 47) 農林水産省大臣官房統計部 (2005). ポケット畜産統計, 平成16年度版, 農林水産省大臣官房統計部, 東京, 139-163.
- 48) 農林水産省大臣官房統計情報部 (2002). ポケット畜産統計, 平成13年度版, 農林統計協会, 東京, 123-147.
- 49) 農林水産省畜産局 (1981). 第IV編 草地の管理作業, 第1章 草地更新作業, 草地管理指標 (農林水産省畜産局編), 日本草地協会, 東京, 231-242.
- 50) 農林水産省農林水産技術会議事務局 (2000). 日本飼養標準, 肉用牛, 2000年版, 中央畜産会, 東京, 221 p.
- 51) 沼田 眞 (1983). 芝生・芝地の生態学的特性, 芝草研究, 12, 102-104.
- 52) 及川棟雄 (1997). 公共牧場が果たす役割—現状からの新しい発展—, 畜産コンサルタント, 33, 10-14.
- 53) 大崎玄佐雄・奥村純一 (1975a). 根圏土壤の理化学性が牧草生育に及ぼす影響 第1報 土壤ち密度と牧草生育との関係, 道農試集報, 27, 77-88.
- 54) 大崎玄佐雄・奥村純一・関口久雄 (1975b). 根圏土壤の理化学性が牧草生育に及ぼす影響 第2報 鉍質土壤における牧草根の発達分布, 道農試集報, 32, 35-44.
- 55) 大谷一郎 (1999). シバ属の最近の話題と研究成果, 日草誌, 45, 107-112.
- 56) 大谷一郎・山本直之・故圓通茂喜 (2000). 落葉広葉樹林床へのシバ (*Zoysia japonica* Steud.) の定着に及ぼす立木による庇蔭の影響, 日草誌, 46, 127-132.
- 57) 大山卓爾 (1990). 1) ケルダール法, 植物栄養実験法 (植物栄養実験法編集委員会編), 博友社, 東京, 190-191.
- 58) 坂本 晃 (1995). 青森県におけるシバ型草地の利用の現状と課題, 草その情報, 89, 15-22.
- 59) 佐々木寛幸・柴田昇平・吉田信威 (1998). 苗の糞上移植による放牧草地の植生改善, 日草誌, 43, 493-496.
- 60) 佐藤健次・原島徳一・西田智子・青木真理・鈴木 修・中西雄二 (1995). 交雑種 (黒毛和種 × ホルスタイン種) 繁殖牛の放牧下におけるペレニアルライグラス (*Lolium perenne* L.) 優占およびトールフェスク/オーチャードグラス (*Festuca arundinacea* Schreb./*Dactylis glomerata* L.) 優占草地の植生と生産性, 草地試研報, 51, 40-49.
- 61) 生物系特定産業技術研究推進機構 (2002). 農業労働の計測・評価ガイド—1, 生物系特定産業技術研究推進機構, さいたま, 52 p.
- 62) 瀬尾明彦 (1995). 人間工学と産業保健のホームページ, <http://homepage2.nifty.com/aseo/index.html>, [2006年11月27日参照].
- 63) 嶋田 饒・沼田 眞 (1965). 草地植生調査法における積算優占度の意義, 草地生態, 6, 27-29.
- 64) 角川 修・藤川益弘・松崎健文・大黒正道・田中宏明・猪之奥康治 (2005). 作業台車を用いた水稻跡レタス移植作業の労働負担軽減技術の研究, 近中四農研資, 3, 11-20.
- 65) 高橋隆三・坪野敏美・砂田義雄 (1972). 放牧草地土壤の物理的性質について, 日草誌, 18, 174-175.
- 66) 高橋繁雄・高橋 俊・中神弘詞・坂上清一・山本嘉人・北原徳久・故奥 俊樹 (2003). 関東地区: 藤

- 荷田山地区におけるシバ型放牧草地の植物および家畜生産量，畜産草地研究所資料，平 14-8，32-44.
- 67) 高橋佳孝・斉藤誠司・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，41，15-16.
- 68) 高野信雄・鈴木慎二郎・山下良弘（1970）. 不食過繁地の生成要因とその抑圧に関する研究. 第2報 糞の種類，形態および香味物の影響並びに糞蒸留液の利用効果，北農試彙報，96，114-118.
- 69) 瀧川幸司・柳 麻子・山下信夫・早川博文・中西良孝・萬田正治・渡邊昭三・片平清美・柳田宏一（1996）. 放牧地における牛糞塊重量と不食過繁地存続期間との関係，日草誌，42，247-250.
- 70) 上田孝道（2000）. 和牛のノシバ放牧，農山漁村文化協会，東京，165 p.
- 71) 渡辺尚久（1997）. 17. A. (Ⅲ) 全自動汎用抽出ろ過装置 SPAD AUTO CEC 10. 土壤環境分析法（土壤環境分析法編集委員会編），博友社，東京，302-312.
- 72) 山本嘉人・斎藤吉満・桐田博充・林 治雄・西村 格（1997）. 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.
- 73) 山崎浩道（1998）. 塩類集積と根，根の事典（根の事典編集委員会編），朝倉書店，東京，242-243.

Studies on the Labor Saving Methods of Vegetational Change of Pasture from Temperate Grass to *Zoysia japonica* by Transplanting Sod on Dung Pats

Miya KITAGAWA^a

Grazing System Research Team,
National Institute of Livestock and Grassland Science, NARO, Nasushiobara, 329-2793 Japan

Summary

It is necessary to recover the use efficiency of public grasslands to improve the rate of self-sufficiency of feed. However, in a public ranch, since the manager has a busy schedule, temperate pasture management is poor. Therefore, it is recommended to convert public grassland into *Zoysia*-type grassland in order to save labor involved in its management. *Zoysia japonica* Steud. is a Japanese native species. Although the production of *Z. japonica* is less, grazing is possible even if factors such as manure requirement are not adequately managed. There are many methods to establish *Zoysia* grasslands, but there are very few methods to introduce *Z. japonica* into a temperate grass pasture. Moreover, many managers of public grasslands prefer methods that enable substantial labor saving.

This study attempted to establish labor saving methods of inducing a change in pasture vegetation from temperate grass to *Z. japonica*.

First, an examination was conducted to obtain information on a rapid labor-saving technique to introduce *Z. japonica* Steud. into a temperate grass pasture under cattle grazing. *Z. japonica* sod was transplanted being lightly firmed either onto fresh dung pats or into the soil. There was no change in the established rate of growth although the environment in which the transplanted sod was placed was different. Furthermore, the working efficiency and the work postures of planters during the transplantation of the sod onto the dung were compared with those observed in the case of the conventional transplanting method. The comparison revealed that transplantation of sod onto dung pats was efficient and labor-saving.

Next, to clarify the grazing pressure after sod transplantation to increase the coverage of *Z. japonica*, the pasture was divided into 2 plots with different stocking rates. Seedlings transplanted on dung pats were never consumed by grazing animals and survived equally or better than those transplanted into the soil. The development of *Z. japonica* plants was better at the higher stocking rate wherein the sward height was maintained at approximately 10 cm above the ground, with the coverage of the grass reaching 54% at the end of the fifth year.

The results show that sod transplantation onto dung pats is of potential value as a labor-saving method for introducing *Z. japonica* into a grazed temperate pasture and that maintaining the sward height at approximately 10 cm through grazing management is effective for rapid dominance of the grass.

Key words : dung pat, labor saving, pasture, transplanting, *Zoysia japonica*

^a Present address: Mountainous Grassland Farming Research Team, NILGS, NARO, Miyota, 389-0201 Japan