

---

 研究資料
 

---

## 東北地域における耕作放棄地の草地化と ミニ放牧技術の開発

梨木 守<sup>\*1)</sup>・嶺野 英子<sup>\*2)</sup>・東山 由美<sup>\*2)</sup>・成田 大展<sup>\*3)</sup>  
 出口 善隆<sup>\*4)</sup>・佐藤 茂次<sup>\*5)</sup>・大槻 健治<sup>\*5)</sup>・中村フチ子<sup>\*5)</sup>  
 川畑 茂樹<sup>\*6)</sup>・佐藤 真<sup>\*6)</sup>・小梨 茂<sup>\*6)</sup>

抄 録：東北地域において急増する耕作放棄地を放牧利用し畜産の活用を目的として、狭小で分散する耕作放棄地の草地化技術とそこでの放牧利用技術（ミニ放牧）の開発に向けて、東北農業研究センター、岩手大学、福島農業総合センター、岩手県農業研究センターで共同研究を行った。草地化技術の開発に関しては、簡易GPSに外部アンテナを付加することにより測量精度が高まり、10a以上の耕作放棄地の面積把握や見取り図の作成などを簡易に行える方法を開発した。また、フェストロリウム（×*Festulolium Braunii*）は、融雪時の排水不良状態を経ても、イタリアンライグラス（*Lolium multiflorum* Lam.）並の収量と栄養価を確保できるので、湿潤な土壌条件にある耕作放棄地の適草種として有望なことを明らかにした。さらに、放棄桑園の草地化には、4～5月に桑樹を剥皮処理してシードレットを播種する方法のほうが従来の方法よりも桑樹（*Morus bombycis* Koidz.）の伐採や搬出作業が省け、さらに牧草の定着もよいため、軽労かつ低コストに草地化できることを証明した。耕作放棄地のミニ放牧技術の開発として、家畜の行動面・生理面において、同一農家で飼養されているストレスが少ない放牧牛を組み合わせて放牧することが有効であることを示した。また、フェストロリウム主体草地における2歳未満の黒毛和種繁殖雌子牛のミニ放牧による日増体量は0.38kgから0.46kgにあり、繁殖性には影響のない発育が期待できると判断された。このような草地化技術とミニ放牧技術の開発は、飼料自給率の向上および耕作放棄地対策の具体的な対応策の一助になる。

キーワード：黒毛和種、耕作放棄地、簡易GPS、飼料栄養価、ストレス、桑園、草地化、尿中コルチゾール、フェストロリウム、ミニ放牧

**Grassland Development and Small-scale Grazing Techniques for the Fallow Land in the Tohoku Region in Japan** : Mamoru NASHIKI<sup>\*1)</sup>, Eiko TOUNO<sup>\*2)</sup>, Yumi HIGASHIYAMA<sup>\*2)</sup>, Hironobu NARITA<sup>\*3)</sup>, Yoshitaka DEGUCHI<sup>\*4)</sup>, Shigeji SATO<sup>\*5)</sup>, Kenji OHTSUKI<sup>\*5)</sup>, Fuchiko NAKAMURA<sup>\*5)</sup>, Shigeki KAWAHATA<sup>\*6)</sup>, Shin SATO<sup>\*6)</sup>, and Shigeru KONASHI<sup>\*6)</sup>

**Abstract** : Recently, land managers have looked to fallow agricultural lands such as paddy fields as possible areas for pasturing cattle. To skillfully manage such lands as grasslands, it is important to understand the size of the areas in question. The hand-held GPS with an external antenna might have an acceptable margin of error for measuring areas of fallow land. GPS technologies easily can be applied to quickly obtain information on field conditions. *Festulolium* is moisture-proof and is a promising herbage species that could yield herbage mass and the same level of quality as annual ryegrass even with bad drainage following thawing. Mulberry fields can be developed well into grasslands by barking the trunks of mulberry trees without felling them during the sprouting stage

---

\* 1) 現・畜産草地研究所 (National Institute of Livestock and Grassland Science, Nasu-shiobara, Tochigi 329-2747, Japan)

\* 2) 東北農業研究センター (National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Morioka, Iwate 020-0198, Japan)

\* 3) 元・東北農業研究センター (Retired, National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Morioka, Iwate 020-0198, Japan)

\* 4) 岩手大学農学部 (Iwate University, Morioka, Iwate 020-8550, Japan)

\* 5) 福島県農業総合センター (Fukushima Agricultural Technology center, Arai, Fukushima 960-2156, Japan)

\* 6) 岩手県農業研究センター (Iwate Prefecture Agricultural Research Center, Takizawa, Iwate 020-0173, Japan)

2008年1月15日受付、2008年3月3日受理

in the spring and sowing the handmade herbage seed pellets in the autumn, which could reduce labour and money. The number of affiliative behaviours was greater in cows grazed in abandoned paddy fields than in animals grazed in pasture in large groups. Urinary cortisol levels, which were used as an indicator of stress, were almost the same between the two cattle groups. Grazing of beef cows from the same farmer in an abandoned paddy field was thus not inferior to grazing in pasture with respect to animal behaviour and physiology. The daily body-weight gain of breeding calves being grazed in the small *Festulolium* pasture of less than 0.6 ha ranged from 0.38kg to 0.46kg, which was a sufficient growth rate for breeding cows. From these results, we conclude that grassland development and small-scale grazing techniques in fallow fields would be useful to boost the rate of self-sufficiency in herbage and solve the problem of the increasing amount of fallow land in Japan.

**Key Words** : Fallow land, *Festulolium*, Grassland establishment, Hand-held GPS, Herbage nutrition, Japanese Black, Mulberry field, Small-scale grazing, Stress, Urinary cortisol

## 目 次

I 序	84	III 耕作放棄地におけるミニ放牧技術	92
II 耕作放棄地の草地化技術	85	III-1 ストレスフリー牛群編成によるミニ放牧技術の開発	92
II-1 耕作放棄地放牧における簡易GPSの利用	85	III-2 フェストロリウムを導入した狭小草地のミニ放牧による黒毛和種繁殖雌子牛の育成効果	95
II-2 耐寒・耐湿性新型牧草として期待されるフェストロリウムの飼料栄養特性	88		
II-3 桑樹剥皮による放棄桑園の草地化技術	90		

## I 序

東北地域において耕作放棄地は2006年現在で35,741ha(東北農政局統計部調べ)と急増している。また、我が国は新たな食料・農業・農村基本計画において現在の飼料自給率24%(2002年)を2015年には35%(粗飼料自給率では100%)に回復させることを目標に掲げ、飼料増産運動を進めている。このような耕作放棄地対策および飼料自給率の向上に対する推進政策の一つとして、耕作放棄地放牧の取り組みの拡大があげられている。また、放牧利用は家畜の飼養労力が軽減できるため、東北地域においても肉牛農家を中心に期待が高い。しかし、東北地域の耕作放棄地の地形は複雑なうえ、狭小面積で分散立地していることが多く、特に水田跡耕作放棄地では冷涼、積雪気象条件でしかも融雪時期が遅いため、高い土壤水分、泥濘化しやすいなど、牧草の生育に不良な環境にある。このような条件に対して、従来の畑土壌条件を対象とした草地化技術や大面積の草地での多頭牛群による放牧技術では対応が難しい。

本研究の目標の1つは、耕作放棄地の土地情報の

簡易把握方法、湿潤土壌条件における適草種の選定、桑樹園跡地の簡易草地造成法など、耕作放棄地の草地化技術を開発することとした。また、2つ目は、草地化された狭小面積の耕作放棄地や分散する草地においても、牛にストレスフリーに過不足なく採食させることのできる放牧頭数の組み合わせ方法と黒毛和種繁殖雌育成牛を対象とした放牧育成技術を開発し、耕作放棄地を対象としたミニ放牧技術を開発することとした。

これらの研究成果をまとめた本資料が耕作放棄地をミニ放牧利用するために普及・行政・研究者の各方面で、ご活用いただけることを願う。

なお本研究は、農林水産省の競争的研究資金である先端技術を活用した農林水産研究高度化事業において、2004年度開始の「寒冷地における耕作放棄地の草地化とミニ放牧技術の開発(課題番号1637)」で行ったものである。ミニ放牧マニュアルも発刊(<http://tohoku.naro.affrc.go.jp/periodical/pamphlet/list.html>)されているので、併せてご利用いただきたい。本研究の遂行にあたり、ご支援をいただいた農林水産省はじめ岩手大学、福島県、岩手県の共同研究機関の関係各位に対して、厚く感謝申し上げます。

げる。また、各地で耕作放棄地など試験実施のために圃場あるいは家畜を提供していただいた生産者の皆様に対して、厚く御礼申し上げます。

(東北農業研究センター 須山哲男)

## II 耕作放棄地の草地化技術

### II-1 耕作放棄地放牧における簡易GPSの利用

#### 1. はじめに

水田跡地など耕作放棄地を放牧地として適切に管理、利用するには、面積、形状などを把握しておくことが重要である。これらの情報は、牧柵等の資材の見積もりや設置の段取り、さらに施肥や播種設計、放牧計画を行う上で不可欠である。

我が国の多くの土地について、その位置や面積は法17条地図や公図から知ることができる。しかし耕作放棄地など山間にある土地では地図が未整備であることも多い。このような場合、放牧利用を図る上で不都合なために測量が必要となる。

草地の造成・利用・管理を目的とする測量に、公的な地積測量ほどの高い精度は要求されない。また土地情報を簡単に得る手段として航空写真を利用する方法もあるが、目的とする土地が撮影された写真を入手するのは容易ではなく、経費も安価でない場合が多い。

これまでに簡易に草地の形や面積を測量する方法として巻尺を使う直接測量があり、また小迫ら(1995)はポケットコンパスによる簡易測量法を報告している。しかし、これらの測量が可能な土地は、平坦で障害物がなく巻尺が直線的に張れることや、コンパスで見渡せる場合などに限られる。また、測量作業は一人では難しい。さらに測量の対象となる土地が複数ある場合、その土地の位置関係が判る配置図を作成するのは難しい。

しかし近年、農業分野で精密農業や森林測量にGPS(Global Positioning System)を利用する研究が行われてきた(後藤・宮崎2001、小林ら 2001、水島ら 2000、森・武田2000、奥山ら 1998、立木・尾張 2000、安田 2001)。また上述の地積測量にも基準局からの補正情報を取り入れて測位する高精度なGPS受信機(DGPS、RTK-DGPSなど)の利用が既に実用化されている(國見ら 2002)。さらに、最近ではレジャー用として数万円の価格で居場所などがリアルタイムに確認できる機能がついている小型GPSの人气が高まっている。

そこで小型GPS受信機が草地面積の測定や配置図の作成に有効に使えるかを明らかにするために、巻尺による直接測量と比較し、その有効性を検討した。なお、詳細は後述するが小型GPS受信機の測量精度に関する試験は、緯度、経度が既知の地点がある東北農業研究センターで実施した。また、耕作放棄地の測量適用例を示すため、ミニ放牧利用を計画している生産者の耕作放棄地を測量の対象にした。

#### 2. 材料と方法

##### 1) 測量精度

試験は東北農業研究センター内(盛岡市下厨川、北緯39度45分、経度141度8分、標高167m)の平坦な地形条件の圃場(約1.25ha)において実施した。センター内の試験圃場にある緯度および経度の既知点(東経141度8分10.476秒、北緯39度45分51.705秒)に対して、3種類のGPSの測位精度を比較した。1つは小型GPS(eMap、ガーミン社製)を単独使用するもの(以下GPS)、2つ目はこのGPSに外部アンテナ(GA27C、ガーミン社製)を装着し3.6mの高さに垂直に掲揚して使用するもの(以下、GPS+ANT)、さらに3つ目はディフェレンシャルGPS(DGPS、AgGPS124、ニコン・トリンプル社製、以下、DGPS)とした。2005年7月に、既知点をそれぞれのGPS、GPS+ANT、DGPSで連続して100点を測位した。なお、測位データは本体に記録され、パソコンに取り込むことができる。このデータを各GPSについて、順に5個ずつに区切りその平均値を求め、合計20点の測位データとし、既知点からのズレ(距離)および同一GPS内での測位データのバラツキなどを比較した。またこのデータを表計算ソフト(ここではマイクロソフトエクセル)で処理し測点間の距離を算出し、草地の面積や外周距離を求めた。なお2点間の距離は緯度と経度から次式(Sugimoto 2006)により求めた。この場合、緯度、経度はラジアンで与える。

$$D = \sqrt{((M \times d\phi) \times (M \times d\phi) + (N \times \cos(\phi) \times d\lambda) \times (N \times \cos(\phi) \times d\lambda))}$$

(Hubenyの距離計算式)、ただし、Dは2点間の距離(m)； $\phi$ は2点の平均緯度； $d\phi$ は2点の緯度差； $d\lambda$ は2点の経度差；Mは子午線曲率半径；Nは卯酉線曲率半径

$$M = 6334834 / \sqrt{(1 - 0.006674 \times \sin(\phi) \times \sin(\phi))^3}$$

$$N = 6377397 / \sqrt{1 - 0.006674 \times \sin(\phi) \times \sin(\phi)}$$

## 2) 試験圃場での測量

面積約1.25haの試験圃場を14個の三角形に分割し、個々の面積の測量を巻尺による距離測量とGPS+ANTにより行い、両者を比較した。

## 3) 耕作放棄地圃場での測量例

GPS+ANTを使って、山形県のK氏の放牧利用を計画する耕作放棄地（水田跡地で未区画整備圃場であり、K氏圃場は小川により区分された2枚の圃場で構成されていた。測量は畦にそって角々を測位し、測位データに基づき、上記の表計算ソフトとドロー系ソフト（ここではキャンバスX）により、測点間の距離を計算し、また測点間を線（測線）で結び圃場の形や配置を図化した。なお面積の算出は、得られた圃場図を任意の三角形に区分し、個々の三角形の面積を三辺の長さからヘロンの公式により求め、それらを積算した値とした。

## 3. 結果と考察

## 1) 測量精度

DGPSによる測位値は既知点の周りに集中し、GPSによる値が既知点より最も離れて分布した。GPSおよびGPS+ANTは両者の間に分布した（図1）。DGPSの既知点からの平均距離は0.60mであり、GPS+ANTの8.26mおよびGPSの12.69mと比べて短く、精度が高かった（表1）。DGPS（AgGPS124）の仕様書に記載の公称精度は1m以下とされ、GPS（eMap）のそれには単独使用の場合は15mと記載されている。また、Hulbert & French (2001) は、

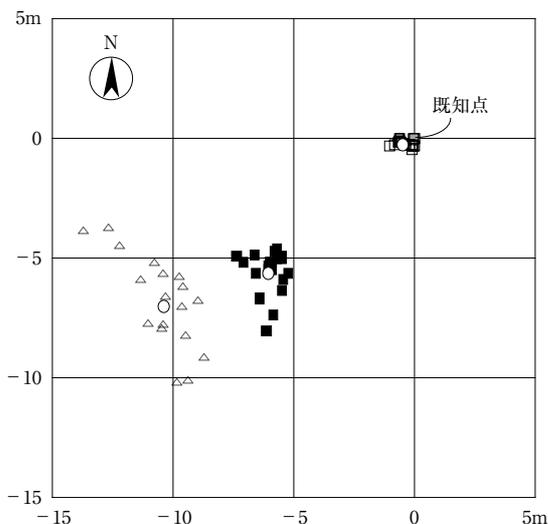


図1 GPS散布図

既知点をGPS (△)、GPS+ANT (■)とDGPS (□)で測位した場合のデータのバラツキ。既知点の緯度、経度を原点(0, 0)として表示。○は各GPSの測位点の中心点。

表1 既知点からの距離と各GPS測位の中心点からの距離

	GPS	GPS+ANT	DGPS
自由度	19	19	19
既知点からの距離	12.69 ± 0.59m a <sup>1)</sup>	8.26 ± 0.75m b	0.60 ± 0.28m c
中心点からの距離	1.85 ± 1.18m a	0.87 ± 0.57m b	0.30 ± 0.14m c
95%信頼限界	1.30m~2.4 m	0.60m~1.14m	0.23m~0.37m
分散	1.40	0.32	0.02
F比	4.38**	16.84**	

注. a) 同一行の異なる文字間に5%水準で有意差あり、\*\*P<0.01

GPS単体使用の場合、精度は5mとしている。本試験結果でもDGPSの精度の高さが確認された。GPS+ANTの場合、単独使用のGPSの精度より高く、その値は平均で8.26mであり、仕様書に記載の公称精度の15mよりも約2倍の高い精度が得られていた。外部アンテナを装着することで精度が高まるという本結果は、弓削(2000)の報告と一致している。

ただし、この精度測定にあたっては、GPSの測定精度が気象条件の影響を受けるので(Lass & Callihan 1993)、各種GPSの測位も相互にかつランダムに行う必要があった。しかしそれを実行することは難しいため、本試験では各GPSごとに、100回の測位を連続して行った結果であることを考慮する必要がある。

それぞれの測位についてみると、同一GPSの中では、20個の測位値は中心点に集まっていた（図1および表1）。中心からの平均距離と標準偏差および分散はDGPS、GPS+ANT、GPSの順に小さく有意差がみられた。GPS+ANTはDGPSに比べ精度は低く、測位値は既知点の南西に偏っているが、GPSの精度より高く、また中心からの平均距離0.87m（95%信頼限界幅0.60~1.14m）も短かった。このような結果から、GPS+ANTは、既知点に対する測位値のバラツキから高い精度とはいえないが、草地で利用するには十分な精度と推定される。

## 2) 試験圃場での測量

表2に巻尺による距離測量（以下、巻尺）とGPS+ANTで得られた14個の三角形に分割して測量した結果を示した。対象試験圃場の総面積は巻尺で12,566m<sup>2</sup>、GPS+ANTでは12,392m<sup>2</sup>であり、推定値は巻尺の99%であった。また、14個の三角形についてみると、小面積の三角形（<30m<sup>2</sup>）では巻尺とGPS+ANTの測量にズレが大きかった。このことから圃場面積の測量における誤差は、面積が小さいほ

表2 巻尺測量とGPS+ANTによる土地面積の測量結果

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	合計	t 検定
A:巻尺(m <sup>2</sup> )	1,655	1,640	1,638	1,581	1,399	1,366	1,024	816	753	511	119	33	16	15	12,566	
B:GPS+ANT(m <sup>2</sup> )	1,529	1,674	1,612	1,491	1,412	1,355	1,033	863	768	489	108	35	11	12	12,392	NS
(B/A)×100	92	102	99	94	101	99	101	95	102	96	91	106	68	78	99	自由度13 t 値 1.019 p 値 0.327

NS：巻尺とGPS+ANT測量結果に有意差なし（データに対応のある場合のt検定の結果）

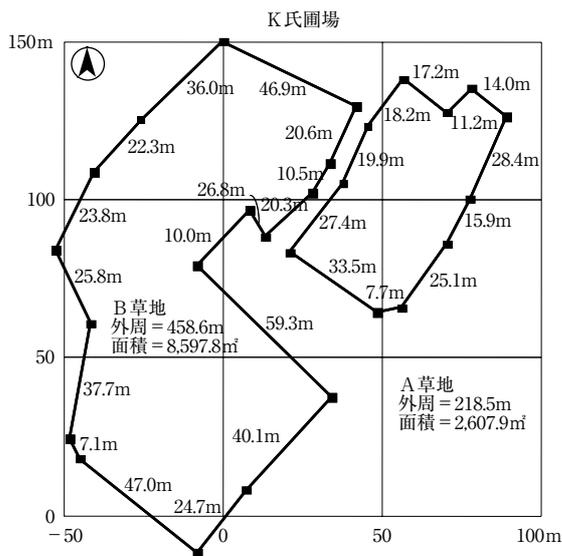


図2 GPS+ANTでの耕作放棄地圃場の測量結果の一例

ど大きくなると推察される。しかしながら、GPS+ANTの測量は巻尺の測量値を100%として比較すると、30m<sup>2</sup>以上の圃場では91-106%の範囲に収まっており、許容範囲のズレと考える。

### 3) 耕作放棄地圃場での測量例

図2にGPS+ANTで測量して得られたK氏の圃場図を示した。この図のように圃場の見取り図が描け、圃場の形状の把握が容易となり、今後の圃場の草地化と放牧利用の際の参考になると考える。即ち、面積は牧草などの生産量を推定し、放牧頭数が予測できる。また牧草の播種量や施肥量の算定にも用いることができる。形状、外周距離は図2のような見取り図（土地の形状や外周距離が分かる）が完成すれば、この図から電気牧柵の角支柱（力が掛かる柱）と牧柵柱（力の掛からない中間の柱）の位置を決める。次に、出入り口のゲート、飲水器、電牧器など

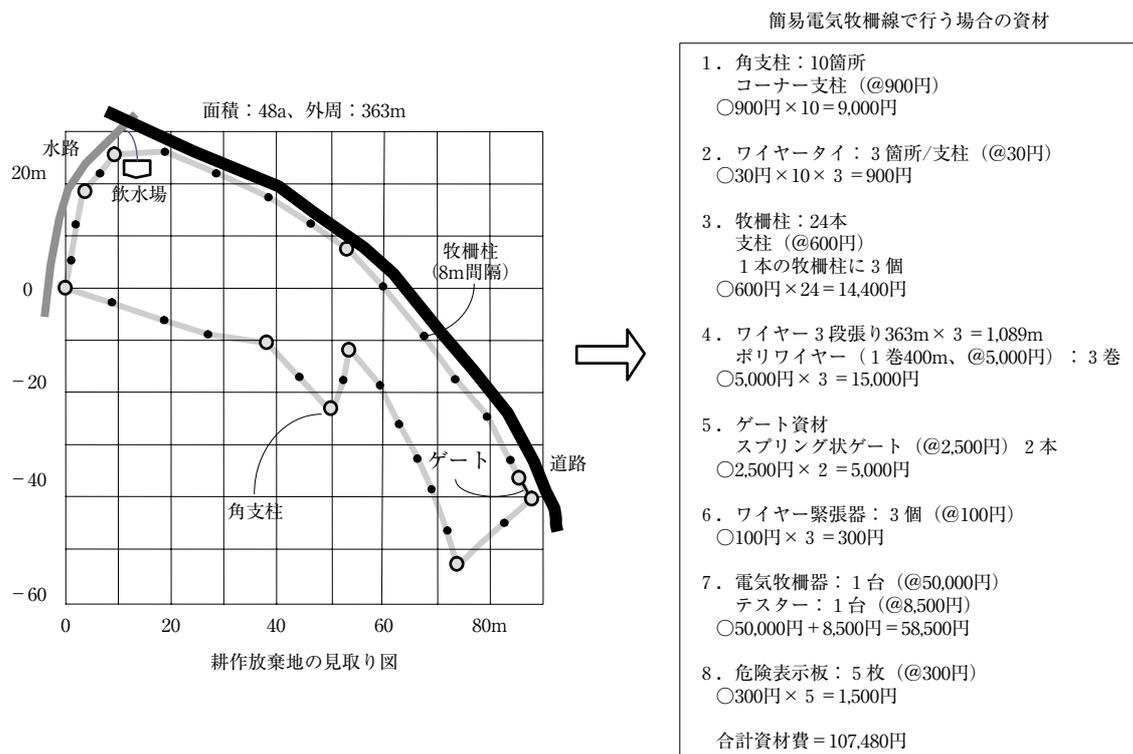


図3 耕作放棄地の見取り図に基づく資材の見積もり例

の設置場所を決める。ゲートは牛を追い込みやすく通路に近い所に、飲水器は水源に近い所に、電牧器は太陽の光がよく当たりしかも人の触れにくい所に配置する。また、見取り図の外周距離などをもとに必要な資材を調達する(図3)。複数の放牧地がある場合に牧区配置図があると、相互の牧区の配置関係が分かりやすくなる。牧区の配置と牧草の生育状況などを考慮して放牧順序を決定する。また、牧区配置図は家畜や放牧地管理のメモが書き込み、放牧状況の把握に便利である。

最後に、小型GPSは2006年時点で外部アンテナが装着可能な機種でもアンテナを含めて5万円以下で入手できる。また、得られた測位データも表計算ソフトなどで整理し、図化することが簡易にできる。なお1カ所測位(5反復)に掛かる時間は15秒程度であった。処理のための計算手順については本報では細かく記載していないが、関心のある方は著者に問い合わせさせていただきたい。

#### 4. 引用文献

- 1) 後藤純一, 宮崎雅幸, 2001. 森林内における搬送波位相によるGPS静的干渉測位の精度. 森林学誌 16: 111-120.
- 2) Hulbert, I. A. R.; French, J. 2001. The accuracy of GPS for wildlife telemetry and habitat mapping. J. Appl. Ecol. 38: 869-878.
- 3) 小林裕之, 矢田 豊, 茶珍俊一, 小神野和貴, 野上由美子, 鳥本秀幸. 2001. 森林内外での多機種のGPS受信機による測位比較. 日林誌 83: 135-142.
- 4) 小迫孝実, 井村 毅, 河野道治. 1995. パーソナルコンピュータを用いた複雑傾斜放牧地の簡易測量法. 四国農試報告 59: 1-17.
- 5) 國見利夫, 新田 浩, 渡辺秀喜. 2002. 教程地積測量. 山海堂. 東京. p.12-58.
- 6) Lass, L.W.; Callihan R.H. 1993. GPS and GIS for weed surveys and management. Weed Technol. 7: 249-254.
- 7) 水島 晃, 野口 伸, 石井一暢, 寺尾日出男. 2000. 自律走行車輛のGPS位置計測に関わる傾斜補正. 農機誌 62: 146-153.
- 8) 森 章, 武田博清. 2000. S/A解除による森林DGPSの測位精度への影響. 日林誌 82: 393-396.
- 9) 奥山武彦, 奥島修二, 中里裕臣, 今泉眞之, 竹内陸雄. 1998. ディファレンシャルGPSの測位精度と野外調査への応用の検討. 土木学会論文集 194: 149-157.
- 10) Sugimoto T. 2006. Kashmir 3D for 3DCG & GPS. User's Manual. 20.2 Calculation Formula (2) Hybeny's Distance Formula. [Cited 16 December 2006.] Available from URL: [http://www.kashmir3d.com/kash/manual-e/std\\_siki.htm](http://www.kashmir3d.com/kash/manual-e/std_siki.htm).
- 11) 立木靖之, 尾張敏章. 2000. 森林調査におけるDGPSとLPSの利用可能性. 北大農学部演習林研報 57: 95-104.
- 12) 安田典夫. 2001. GPSを搭載した農耕地の土壤調査支援システムの開発. ペドロジスト 45: 14-22.
- 13) 弓場憲生. 2000. 安価なGPSも結構あります. 森林航測 191: 11-15. (東北農業研究センター 梨木 守・成田大展)

## II-2 耐寒・耐湿性新型牧草として期待されるフェストロリウムの飼料栄養特性

### 1. はじめに

現在東北地域の粗飼料の生産基盤は、水田等の耕作放棄地の利用など広がりを見せている。しかし、水田跡耕作放棄地は土壤水分が高く、また北東北地域においては早春の融雪時に圃場の水没がしばしば見られるなど飼料生産にとって不良な生育環境である場合が多い。そのため、従来の牧草品種では対応が難しく、新たな草種・品種の導入が検討されており、耐湿性が高い草種であるフェストロリウムが注目されている。

フェストロリウムは *Festuca* 属の永続性および高い環境耐性と *Lolium* 属の高い生産性および高栄養価とを併せ持つ牧草として人為的に作出された属間雑種である。交雑に用いられる親としては *Festuca* 属のツールフェスク (*Festuca arundinacea* Schreb.) およびメドウフェスク (*Festuca pratensis* Huds.)、*Lolium* 属のイタリアンライグラスおよびペレニアルライグラス (*Lolium perenne* L.) であり、これらの組み合わせにより様々な草型や栽培特性を持つ品種が開発されている(燈野 2006)。フェストロリウムは属間雑種であるため一般的に栽培特性等に品種間差が大きく、耐湿性に優れる(的場ら 2001)とされている。しかし東北地域の水田跡地のように融雪時期が遅く春先に湿潤状態になりがちな圃場に

における生育は十分に調べられていない。そこでフェストロリウム各品種の春先の土壤湿潤条件に対する牧草生産性と飼料栄養価を調べ、その導入適性を検討した。

## 2. 材料と方法

供試牧草として、フェストロリウムのパーフェスト、フェリーナ、エバーグリーン、パウリタ、東北農業研究センター育成系統TK1の5品種・系統、また対照草種として、従来より耐湿性が高いとされているイタリアンライグラス品種のアキアオバを用いた。約1/500aのコンテナ（縦36cm×横51cm×高さ30cm）の底面に排水用の穴を開け、培土（クレハ園芸培土）を20cmの高さまで充填し、東北農業研究センター内の日当たりのよい場所に設置し、2005年9月に各草種の種子（3kg/10a）を散播した。湛水処理区と対照区を3反復設け、湛水処理区は越冬後の3月21日から4月10日までの3週間、コンテナの排水用の穴に栓をして、コンテナを満水にした状態（培土表面から10cmの水深）に維持した。また対照区はコンテナに適宜灌水するだけとし、排水の良い状態を保った。施肥は、湛水処理後、複合肥料（NPK:20-10-10）を窒素水準で3kg/10aを施用した。試験全期間を通して湛水処理区のpF値は0～0.5、対照区は1～2の範囲の値であった。湛水処理1ヶ月後の5月10日に刈取り、通風乾燥（60℃、48時間）した後、粉碎し、飼料繊維成分を常法により求め、下記の推定式  $TDN = 54.18 + 0.287(OCC + Oa) - 0.183Ob$  によりTDNを推定した。

## 3. 結果と考察

3月21日から4月10日の3週間の湛水処理により、パーフェストの湛水処理区は枯死した(写真1)。湛水処理後1ヶ月目（5月上旬）刈取り時の乾物収

量の湛水処理区/対照区（%）はフェリーナ、パウリタが水田跡地に良く用いられているイタリアンライグラスの81.2%より低いもしくは同程度であったのに対し、エバーグリーンは95.6%、東北農研育成系統TK1は97.0%となり、湛水による影響は低いと考えられた（表3）。

またTDN含量については全品種において湛水処理区/対照区（%）が約100%の値となり、両区に差は認められず（表3）、越冬後の湛水による影響を受けなかった。さらに、難消化性の繊維画分であるOb含量の湛水処理区/対照区（%）は乾物収量が湛水処理区/対照区（%）が高かったエバーグリーンおよびTK1においてイタリアンライグラスと同様に高い値となった（表3）。

以上のことからパーフェストを除いて、供試したフェストロリウム品種は、融雪時の排水不良状態を経ても、イタリアンライグラスと同等の収量を確保でき、栄養価も遜色がなく、水田跡耕作放棄地への導入草種として期待できると考えられる。

## 4. 引用文献

- 1) 的場和弘、田村良文、伏見昭秀. 2001. フェス

表3 湛水処理区の乾物収量および飼料成分含量

品種	乾物収量 (g/ポット)	TDN含量 (%DM)	Ob含量 (%DM)
フェストロリウム			
エバーグリーン	62.2(95.6)	69.6( 98.2)	22.8(107.7)
フェリーナ	38.4(72.7)	67.5(101.6)	27.9( 95.1)
パウリタ	50.4(79.7)	69.7(100.4)	22.2( 99.5)
TK1 (育生系統)	62.2(97.0)	69.3( 98.5)	23.5(116.2)
イタリアンライグラス			
アキアオバ	51.1(81.2)	71.5( 98.7)	19.1(116.5)

注. 括弧内の数字は（湛水処理区/対照区、%）

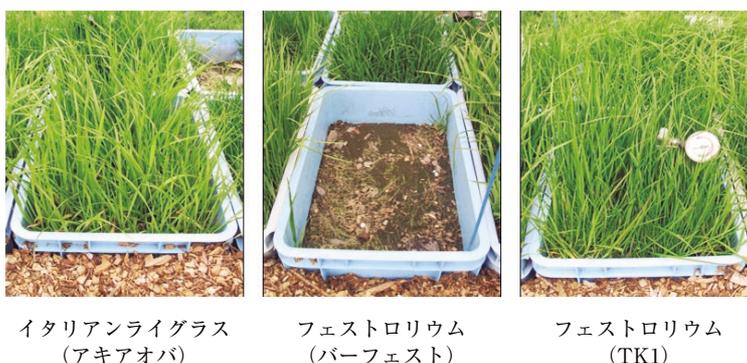


写真1 湛水処理1ヶ月後のコンテナの様子

トロリウム (×*Festulolium*) 品種の特性評価－  
越冬性と耐湿性－. 日草誌47 (別): 138-139.

- 2) 嶺野英子. 2006. フェストロリウム (農業・生物特定産業技術研究機構編, 農業技術事典 NAROPEDIA). 東京. 農文協. p1351.  
(東北農業研究センター 嶺野英子)

## II-3 桑樹剥皮による放棄桑園の草地化技術

### 1. はじめに

桑園跡耕作放棄地を有効に放牧利用するためには再生能力に優れる牧草の導入が不可欠である。しかし、牧草を積極的に導入して草地化し放牧利用した報告はない。

福島県は放棄桑園が多く (福島県の耕作放棄地面積12,374haの内、放棄桑園面積1,271ha (2005年農林業センサス)), この桑園への不耕起牧草導入法として、桑樹を伐採し、そこに牧草をシードペレットで導入する方法が考案されている (富永ら 2004)。しかしこれまでの方法では桑樹の伐採・積載・搬出の各作業を伴い労働負荷が大きいため、その軽労化が望まれる。

そこで、桑樹を環状剥皮し立木状態のまま枯殺しながら牧草を導入する方法を検討した。またシードペレット製造資材でペレットの核となる固形化学肥料の入手は困難なため、容易に入手可能な市販の園芸用資材を用いた土粒シードペレットによる代替の可能性を検討した。

### 2. 材料と方法

#### 1) 放棄桑園における桑樹の現状調査

福島県安達郡白沢村内の4ヶ所の15年以上放棄された桑園を対象に桑樹の現状を明らかにするため、10a当たりの株数、幹数、胸高直径を各100m<sup>2</sup>について調査した。

#### 2) 桑園における草地造成法の検討

上述の安達郡白沢村内の試験地 (面積24a) において、桑樹を剥皮するだけの剥皮処理区 (剥皮区) および桑樹を伐採、搬出する従来の方法で行う慣行区を設けた (図4)。剥皮区は播種前約3カ月の2006年6月6日に、これまでの調査で剥皮作業性の良い両刃タイプの草刈り鎌を使用して行った。上述の放棄桑園内の161m<sup>2</sup>において、熟練した作業員3人がm<sup>2</sup>当たり46本 (胸高直径は様々) を桑樹のほぼ胸高の所で環状に剥皮するのに要する作業時間を計測した。さらに、剥皮区と慣行区には、マクロシー

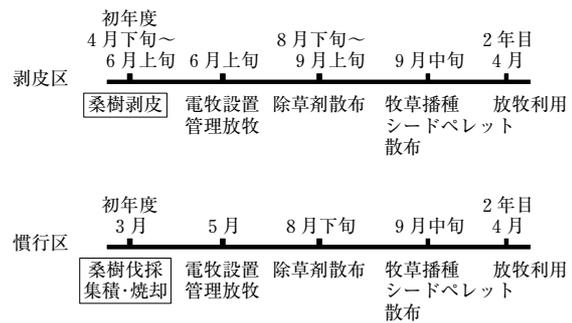


図4 剥皮区と慣行区の作業工程

ドペレット区 (MSP区) と土粒シードペレット区 (土粒SP区) を設けた。MSP区は固形肥料773型 (日本肥料株式会社製、1粒当たり重量:12g、N-P-K: 7.0-7.5-3.5) を核としたシードペレットを250kg/10a散布した。土粒SP区はマクロシードペレットの代替として赤玉土大粒の園芸用培養土 (サンベックス鹿沼社製) を核として製造したシードペレットを280l/10a散布した。調査対象地の面積は、MSP区は剥皮区49m<sup>2</sup>、慣行区19m<sup>2</sup>、土粒SP区は剥皮区98m<sup>2</sup>、慣行区19m<sup>2</sup>とした。その後、試験区全体 (117m<sup>2</sup>) をソーラー式の電気牧柵で囲い、黒毛和種繁殖雌成牛4頭を用いて、8月下旬まで下草や灌木等の除去を目的とする管理放牧を行った。放牧終了後の9月8日に除草剤 (10a当たりグリホサート剤750mlを100ℓの水で希釈) を試験区に全面散布した。播種草種とその播種量は以下の通りとした。ベレニアルライグラス (品種:フレンド) 1.5kg/10a、オーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.、品種:フロンティア) 1.0kg/10a、トールフェスタ (品種:サザンクロス) 0.5kg/10a、シロクローバ (*Trifolium repens* L.、品種:フィア) 0.2kg/10aとして、9月21日に播種した。

土粒SP区では、播種とほぼ同時の9月23日に土壌改良資材として苦土石灰100kg/10aと熔燐80kg/10aおよび複合肥料N-P-K: 5-10-5kg/10aを施用した。なお、MSP区は肥料成分をMSP自体が含まため施用しなかった。

剥皮作業終了後の相対日射量の変化を簡易積算日射量測定システム (オプトリーフ測定器T-METER THS-470) により計測した。なお、計測位置は、桑樹の枝葉が少なく、地上を徘徊する野生動物による測定器への加害を防ぐことができると考えられる地上約180cmの位置に設置した。

播種牧草調査として個体密度を10月30～31日に各区に任意に設置した2個の1m×1mのコドラートの内部0.25m<sup>2</sup> (0.5m×0.5m)を調査した。

### 3. 結果と考察

15年以上放棄された桑園は林地化し、株数505個/10a、幹数1,126本/10a、胸高直径は平均4.7cm (1.1cm～11.5cm)であった。

春に剥皮すると、剥皮後から枯死が始まり、播種時期の9月頃には、桑園近くの草地の72～78%程度の日射量が得られた(表4)。剥皮区と慣行区の結果から、剥皮区でも慣行区でも牧草の総個体密度は300個体/m<sup>2</sup>以上あった。これは吉田(1976)が草地の適正密度として示している300～400個体/m<sup>2</sup>を確保していることになり、良好な牧草の定着が得られていたといえる(表5)。また土粒シードペレットがマクロシードペレットを用いるよりも良好な牧草定着が得られる傾向にあった(表5)。

桑樹の胸高位を環状剥皮する両刃タイプの鎌による剥皮作業(161m<sup>2</sup>)に要する時間は3人で16分47秒を要した。よって10a当たり1人での剥皮作業時間は、約5.2時間と推定された(表6)。これは落葉期3月頃の伐採・積載・搬出の作業時間の約14.3時間/人/10a(岩手県農業研究センターら 2004)と比較して大幅に低減できており、作業の質も軽労化してきたといえる。剥皮区は慣行区と比較して、作業時間は63.5%、また資材費用も約74%まで低減し、軽労、低コスト化が可能であった(表6)。

表4 相対日照量の推移 (%)

	2006年		
	6月1日～23日	8月11日～9月8日	9月8日～10月4日
桑園近くの草地	100.0	100.0	100.0
剥皮処理した桑園	59.1	77.7	72.2

注. 剥皮処理は2006年6月25日に実施

表5 播種後の植生 (2006年10月)

草種	剥皮区		慣行区	
	MSP区 <sup>1)</sup>	土粒SP区 <sup>2)</sup>	MSP区	土粒SP区
ベレニアルライグラス	208	310	174	108
個体密度 オーチャードグラス	76	134	132	204
(個体数/m <sup>2</sup> ) トールフェスク	2	22	4	14
シロクロバ	20	24	8	32
合計	306	490	318	358

注. 1) マクロシードペレット区

2) 土粒シードペレット区

表6 放棄桑園の草地化に関わる作業時間および資材費用

区分	剥皮区	慣行区
	(土粒SP区)	(MSP区)
桑樹伐採等	-	14.3
桑樹剥皮	5.2	-
表土処理	0.8	0.8
放牧施設	1.7	1.7
牧草播種	5.4	5.4
土改材・肥料	1.0	-
合計	14.1 (63.5)	22.2 (100)
放牧施設	20,296	20,296
給水施設	7,081	7,081
MSP製造	-	36,285
資材費用	10,245	-
(円/10a)	9,245	-
除草剤	2,474	2,474
桑樹焼却燃料	-	350
合計	49,341 (74.2)	66,486 (100)

注. 2001年調査成績の慣行区を比較対象として引用した。作業時間および資材費用では、作業工程で慣行法に変更した作業のみ算定して評価した。また、放牧施設、給水施設は耐用年数を5年と想定して単年度1/5で算定した。括弧内数値は剥皮区の慣行区に対する比率 (%)

最後に、剥皮処理と土粒シードペレットを用いた草地化を行う場合、1) 樹幹剥皮には樹皮が剥がれやすく、作業が容易な幹の木質部に樹皮が付着している4月～5月頃が適すること、2) 剥皮もれがあると樹皮が再生して枯死化しないため、丁寧に剥皮処理することに留意する必要がある。

### 4. 引用文献

- 1) 岩手県農業研究センター, 北海道立畜産試験場, 北海道立十勝農業試験場, 青森県農林総合研究センター, 福島県畜産試験場, 福島県農業試験場. 2004. 市場評価向上を目指した黒毛和種肥育素牛の集約放牧育成技術の確立. 東北地域基幹農業技術体系化促進研究 研究成果 No. 9: 57-60.
  - 2) 富永 哲, 佐藤茂次, 八巻 聡, 渡辺有作. 2004. 遊休桑園における放牧利用飼養体系の現地実証. 福島県畜産試験場研究報告 12: 80-85.
  - 3) 吉田重治. 1976. 草地の生態と生産技術. 養賢堂. 東京. 75-80.
- (福島農業総合センター 佐藤茂次・中村フチ子・大槻健治)

### Ⅲ 耕作放棄地におけるミニ放牧技術

#### Ⅲ-1 ストレスフリー牛群編成によるミニ放牧技術の開発

##### 1. はじめに

水田跡耕作放棄地は狭小面積で分散して立地していることが多く、放牧頭数も少数である。このような少頭数の放牧では多頭数の放牧より社会関係が固定化され、社会的順位が劣位である牛に過度のストレスを与えている可能性が考えられる。家畜福祉の面から、家畜にとって良い生活というのは、肉体的に健康であると同時に生理・生化学的および行動的狀態が正常で、ストレス反応を示さないストレスフリーな状態にあることである。

ほ乳類では、急性ストレスの指標として、副腎皮質より分泌されるコルチゾールの血液中濃度を用いることが多い。慢性ストレスに関しても、横臥を制限されたウシにおいてコルチゾールの長期的な上昇が認められたという報告がある (Fisher *et al.* 2002)。一方、採血に伴う拘束や採血行為そのものが血液中コルチゾールレベルを高めると言われているが、痛みを伴わずに採取が可能である尿のコルチゾールレベルが血液中レベルの代替となりうることが報告されている (Morrow *et al.* 2000, Higashiyama *et al.* 2005)。

現在、全国的に耕作放棄地の放牧利用が推進されているが、狭小面積・少頭数放牧が、群居性のウシにとってどの程度のストレスになるのか不明である。また、社会的ストレスに関する研究は生産性の低下の防止や家畜の福祉に役立つものと考えられる。そこで、本研究ではミニ放牧における牛の行動および尿中コルチゾールレベルを調査する。それにより、狭小面積・少頭数放牧条件下における牛の社会行動および社会的ストレスを含む放牧ストレスの実態を明らかにし、ストレスフリーな状態でミニ放牧できる牛群編成のための基礎的知見を得ることを目的とした。

##### 2. 材料と方法

###### 1) 調査地

盛岡市にあり、生産者AおよびBが所有している水田跡耕作放棄地2ヵ所 (小面積区A、B) で調査を行った。小面積区AおよびBは、それぞれフェストロリウム、イタリアンライグラス、ペレニアルライグラス、リードカナリーグラス (*Phalaris arundinacea*

L.) およびイタリアンライグラス、飼料用ヒエ (*Echinochloa esculenta* (A. Braun) H. Scholz)、ペレニアルライグラスの混播草地である。総面積は小面積区Aでは3,673m<sup>2</sup>、小面積区Bでは4,067m<sup>2</sup>である。大面積・多頭数放牧 (以下、大面積区とする) として岩手大学農学部附属寒冷FSC御明神牧場12号草地で調査を行った。大面積区はオーチャードグラス、リードカナリーグラスの混播草地で、総面積22,678m<sup>2</sup>である。

###### 2) 供試動物

供試動物は、小面積区では生産者AおよびBが飼養する黒毛和種繁殖牛を各2頭用いた。大面積区の供試動物は1番草では御明神牧場で飼養されている黒毛和種繁殖牛22頭、黒毛和種育成牛2頭、日本短角種4頭および交雑種1頭の計29頭、再生草では黒毛和種繁殖牛11頭、黒毛和種育成牛1頭および日本短角種4頭の計16頭のうち各3頭を用いた。

###### 3) 試験期間

1番草において小面積区Aでは2004年5月21日～6月22日、小面積区Bでは2004年6月24日～7月23日に放牧を行った。大面積区は2004年5月31日～6月15日に放牧を行った。再生草において小面積区Aでは2004年7月28日～9月6日、小面積区Bでは2004年8月27日～10月8日、大面積区では2004年8月5日～8月20日に放牧を行った。

###### 4) 行動調査および解析

行動調査は各放牧期において放牧初期と放牧後期の計12回、1番草4:00～18:00、再生草5:00～18:00 (小面積区Bは5:00～17:00) に行った。1番草において小面積区Aでは5月24日、6月17日に、小面積区Bでは6月29日、7月20日に、大面積区では6月4日、6月14日に行動調査を行った。再生草においては、小面積区Aでは8月3日、8月17日に、小面積区Bでは9月1日、10月5日に、大面積区では8月9日、8月17日に行動調査を行った。小面積区、大面積区ともに社会行動を連続観察により調査し、行動が出現する毎に行動内容、対象牛、開始時間および終了時間を記録した。社会行動対象牛数は放牧群の頭数-1と定義した。社会行動については1時間あたりの出現回数と社会行動対象牛1頭に対する出現回数を求めた。さらに社会行動を親和行動、敵対行動および社会的探査に分類し同様に集計した。維持行動については、1分毎のタイムサンプリングにより記録し摂食行動、休息行動、反芻

行動、自己舐め行動、その他に分類した。1 番草放牧期と再生草放牧期の区分は行わず、調査牛（小面積区 8 頭および大面積区 6 頭）のうち重複した個体を除く、小面積区 6 頭および大面積区 3 頭のデータを解析に用いた。維持行動については個体別に各行動出現頻度を集計し、調査時間で除し出現割合を求めた。全行動において Mann-Whitney の U 検定を行った。

5) 尿中コルチゾールレベルの分析

小面積A区および大面積区において、上述の各行動調査の前後 2～3 日以内に 1 回、加えて終牧後に 1 回、行動調査対象牛の尿を採取した。

採取した尿はゴミをろ過して除去した後、一部を分析まで-20℃以下で保存した。尿中コルチゾール濃度はEIA法（Oxford Biomedical Research, Inc., Oxford, MI, USA）により測定した。尿の濃さを一定とするため、尿中コルチゾール濃度は尿中クレアチニン濃度で除した（Klante *et al.* 1997）。クレアチニン濃度は分光光度計を用いて測定した（クレアチニンテストワコー、(株)和光純薬工業、大阪）。

尿中コルチゾールレベルについては、放牧期ごとに調査地を因子とした一元配置法による解析を行った。また、放牧初期と放牧後期の変化をみるため、調査地と個体を一次単位とし、入退牧の時期を二次単位とした分割実験モデルとして解析を行った。統計分析はすべてSASのGLMプロシジャ（SAS Institute Inc. 1988）を用いて行った。

3. 結 果

社会行動の総出現回数および社会行動対象牛 1 頭あたりに対する出現回数を表 7 に示した。敵対行動

の総出現数は、放牧初期および後期において大面積区が小面積区より多かった（ $P < 0.05$ ）。しかし、1 頭あたりの出現数は、区間に有意な差はなかった。親和行動の 1 頭あたりの出現数は、小面積区は両期において大面積区より多かった（ $P < 0.05$ ）。社会行動の内容として親和行動の中で「舐める」、敵対行動では「威嚇」が最も多く観察された。舐め行動は小面積区および大面積区ともに、どちらかの放牧牛が一方的に舐められることが多く観察された。維持行動の出現割合を表 8 に示した。いずれの行動においても区間に有意な差はなかった。

表 8 小面積区および大面積区における維持行動の出現割合（回/時）

	放牧初期		放牧後期	
	小面積区(n=6)	大面積区(n=3)	小面積区(n=6)	大面積区(n=3)
摂食	20.27 ± 10.25	22.60 ± 8.39	18.26 ± 4.04	23.71 ± 13.16
休息	29.34 ± 11.96	12.92 ± 2.43	30.38 ± 6.54	14.31 ± 5.93
反芻	8.39 ± 3.91	13.30 ± 6.31	9.13 ± 3.35	8.16 ± 3.60
自己舐め	0.77 ± 0.49	0.46 ± 0.22	0.72 ± 0.33	0.53 ± 0.36
移動	0.81 ± 0.34	2.05 ± 1.15	1.06 ± 0.63	1.48 ± 0.64
その他	0.41 ± 0.14	0.45 ± 0.46	0.46 ± 0.24	0.59 ± 0.51

注. 放牧初期：放牧開始数日後、放牧後期：放牧開始 2 週間以上後  
平均 ± 標準偏差

終牧時の尿中コルチゾールレベルは、小面積区では 1 頭、大面積区では 2 頭による結果であり統計処理はできなかったが、両区において差はなく、基礎レベルは同等であると考えられた（図 5）。1 番草初期では、小面積区において大面積区よりも尿中コルチゾールレベルは高かったが、後期には差は認められなかった。再生草後期において、小面積区の尿

表 7 小面積区および大面積区における社会行動の出現数および社会行動対象牛 1 頭あたりの出現数（回/時）

	放牧初期		放牧後期	
	小面積区(n=6)	大面積区(n=3)	小面積区(n=6)	大面積区(n=3)
総出現数	親和 0.64 ± 0.41	敵対 0.29 ± 0.25	社会的探索 0.66 ± 0.43	計 0.26 ± 0.25
1 頭あたり	親和 0.14 ± 0.23	敵対 1.41 ± 0.76*	社会的探索 0.14 ± 0.19	計 1.64 ± 0.19*
出現数	社会的探索 0.02 ± 0.06	計 0.12 ± 0.04	社会的探索 0.05 ± 0.10	計 0.21 ± 0.19
1 頭あたり	社会的探索 0.80 ± 0.32	計 1.82 ± 0.95*	社会的探索 0.85 ± 0.53	計 2.11 ± 0.43*
1 頭あたり	親和 0.64 ± 0.41	敵対 0.01 ± 0.01*	社会的探索 0.66 ± 0.43	計 0.01 ± 0.01*
出現数	社会的探索 0.14 ± 0.23	計 0.05 ± 0.03	社会的探索 0.14 ± 0.19	計 0.06 ± 0.01
1 頭あたり	社会的探索 0.02 ± 0.06	計 0.004 ± 0.001	社会的探索 0.05 ± 0.10	計 0.01 ± 0.01
出現数	社会的探索 0.80 ± 0.32	計 0.06 ± 0.03*	社会的探索 0.85 ± 0.53	計 0.08 ± 0.02*

注. 放牧初期：放牧開始数日後、放牧後期：放牧開始 2 週間以上後  
平均 ± 標準偏差  
\*： $P < 0.05$

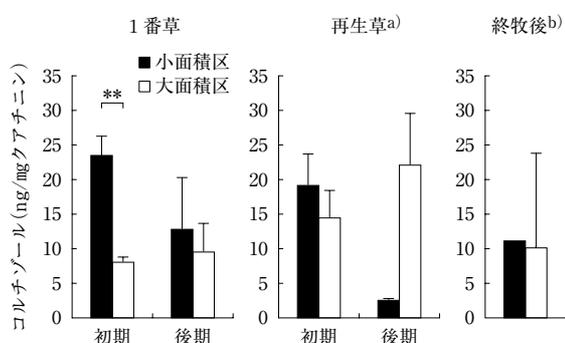


図 5 小面積区および大面積区におけるウシの尿中コルチゾールレベル

注. \*\* $P < 0.01$ , a) 放牧面積区と放牧時期（初期および後期）の間に交互作用有り（ $P < 0.05$ ）、b) 小面積区の調査対象牛が 1 頭のため統計処理は不可

中コルチゾールレベルは低かったが、初期とともに両区で尿中コルチゾールレベルの有意な差は認められなかった。ただし、小面積区については初期の方が後期よりも高い傾向にあった。

#### 4. 考 察

行動調査において1頭あたりの敵対行動は両区で有意な差はなく、小面積区では1頭あたりの親和行動の出現が有意に多かった。親和行動は、競争を高めるような敵対行動を抑制することができ、生産性を高めることができる (Takeda *et al.* 2001)。また、親和行動は、血縁関係、同居期間の長さが影響すると言われている (Sato *et al.* 1991)。今回小面積区の調査で用いた牛は、血縁関係にないが、同じ農家で飼育されていた。そのため親和行動が多く見られたと考えられる。小面積区、大面積区ともに親和行動の中で「舐める」という行動が最も多く観察された。Sato (1984) は舐め行動は、皮膚や体毛を清潔に保つだけでなく、鎮静効果も持つと報告している。また、精神的なものだけでなく動物達の心拍数も減少するなど、肉体的にも影響を与えることができる (Sato *et al.* 1993)。これらのことから舐め行動は敵対行動などからのストレスを抑制することができると考えられる。本調査において小面積区では大面積区より社会行動の総出現回数は少なかった。大面積区の牛は小面積区のように社会行動の対象が決まった相手だけではなく、多数の牛に対して社会行動を行った。そのため、社会行動自体は小面積区より社会行動の出現回数は多いが、社会行動の対象牛1頭に対する出現回数は少なくなったと考えられる。維持行動では、いずれの行動においても有意な差はなく、狭小面積・少頭数放牧であるミニ放牧は、大面積・多頭数放牧と比較して行動的に問題はないと考えられる。

一方、尿中コルチゾールは、放牧開始後約1ヶ月が経過した後期において、2頭からなる小面積区の少頭数牛群と大面積区が多頭数牛群との間でそのレベルに差はなかった。Takedaら (2000) は、公共牧場における調査から、同一農家出身の2頭のグループと17頭のグループでは社会的安定度に差はなかったと報告しており、本試験においても、生理的指標によるストレス度は両区で同程度であると考えられた。しかし、入牧初期における小面積区の少頭数牛群の尿中コルチゾールレベルは、同時期における大面積区が多頭数放牧牛群よりも高かった。このこ

とから、入牧初期の小面積区での少頭数放牧は、一般的な放牧地での多頭数放牧と比較し、視床下部—下垂体前葉—副腎皮質系が活性化されストレス度は高いということが示唆された。本試験で使用した大面積放牧地は、大学の附属牧場であり部外者の進入はほとんどない。一方、小面積区の水田跡耕作放棄地はその周囲に一般道が走り、一般車両が頻繁に往来していた。このような小面積区における外部環境が、放牧初期のコルチゾールレベルを高めた一因として考えられる。しかしながら、後期にはその上昇は解消され、ウシが環境に順応した可能性が考えられた。

以上のことから、同一農家飼養放牧牛を組み合わせさせて水田跡耕作放棄地の小面積圃場にミニ放牧することは、行動面・生理面において問題はなく、ストレスフリーな状態で放牧できると考えられる。

#### 5. 引用文献

- 1) Fisher, A. D.; Verkerk, G. A.; Morrow, C. J.; Matthews, L. R. 2002. The effects of feed restriction and lying deprivation on pituitary-adrenal axis regulation in lactating cows. *Livest. Prod. Sci.* 73 : 255-263.
- 2) Higashiyama Y.; Narita H.; Nashiki M.; Higashiyama M.; Kanno T. 2005. Urinary cortisol levels in Japanese Shorthorn cattle before and after the start of a grazing season. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 18 : 1430-1434.
- 3) Klante G.; Brinschwitz T.; Secci K.; Wollnik F.; Steinlechner S. 1997. Creatinine is an appropriate reference for urinary sulphatoxymelatonin of laboratory animals and humans. *J. Pineal Res.* 23 : 191-197.
- 4) Morrow C. J.; Kolver E. S.; Verkerk G. A.; Matthews L. R. 2000. Urinary corticosteroids: an indicator of stress in dairy cattle. *Proc. NZ Soc. Anim. Prod.* 60 : 218-221.
- 5) SAS Institute Inc. 1988. SAS User's Guide (Release 6.03). SAS Institute Inc. Cary, North Carolina.
- 6) Sato, S. 1984. Social licking pattern and relationships to social dominance and live weight gain in weaned calves. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 12 : 25-32.
- 7) Sato, S.; Tarumizu, K.; Hatae, K. 1993. The

- influence of social factors on allogrooming in cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 38 : 235-244.
- 8) Sato, S.; Tarumizu, K.; Sonoda, T. 1991. Social, behavioural and physiological functions of allogrooming in cattle. (Appleby, M. C.; Horrell, R. I.; Pretherick, J. C.; Rutter, S. M. *Applied Animal behaviour: past, present and future.*) Herts. Universities Federation for Animal Welfare. P.77-78.
- 9) Takeda K.; Sato S.; Sugawara K. 2000. The number of farm mates influences social and maintenance behaviours of Japanese Black cows in communal pasture. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 67 : 181-192.
- 10) Takeda, K.; Sato, S.; Sugawara, K. 2001. Changes of Affiliative relationships in Japanese Black calves after grouping in the same pen. *Anim. Sci. J.* 72 : 164-168. (岩手大学 出口善隆, 東北農業研究センター 東山由美)

### Ⅲ-2 フェストロリウムを導入した狭小草地のミニ放牧による黒毛和種繁殖雌子牛の育成効果

#### 1. はじめに

水田跡耕作放棄地において、現在放牧されているのは黒毛和種繁殖雌成牛が中心で、繁殖雌子牛の放牧では発育遅延が懸念されるため、殆ど行われていない。一方、属間雑種のフェストロリウムはI-2項で示したように、耕作放棄地への導入草種として期待できる。

そこで本研究では、耕作放棄地の放牧利用促進に資するため、黒毛和種繁殖雌子牛を対象として、フェストロリウム主体草地におけるミニ放牧による育成効果を検討した。

#### 2. 材料と方法

試験は2004年から2006年に岩手県農業研究センター畜産研究所外山畜産研究室（盛岡市、平均気温5.6℃、最高気温30.2℃、最低気温-26.9℃、平均降水量1,349mm）の6号試験圃場（標高830m）において実施した。草地の造成は、2004年9月に試験圃場をプラウ耕起とロータリー碎土した後、基肥として複合肥料（NPK：18-12-6）を窒素水準で6 kg/10aを施用し、フェストロリウム品種のエバー

グリーンを播種し（播種量3 kg/10a）、2005年春から試験に供した。試験区の構成条件等を表9に、各年度の試験区の配置状況を図6に示した。

#### 1) 定置放牧条件（2005年）

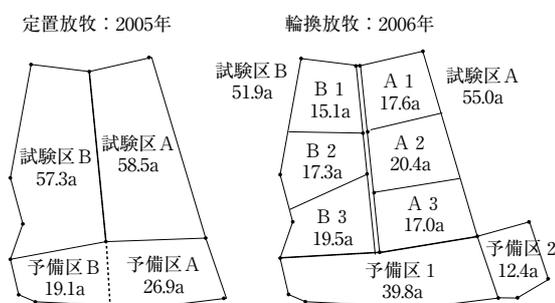


図6 試験区配置

2005年は、フェストロリウム主体草地の利用1年目の生産量、飼料栄養価を調査し、同草地を定置条件でミニ放牧利用した場合の黒毛和種繁殖雌子牛の育成成績を調べた。調査期間は2005年6月16日から11月2日（139日間）までとした。供試牛は黒毛和種繁殖雌子牛（放牧開始時平均月齢12~16ヶ月齢、平均体重276kg）ほか、スプリングフラッシュ時の利用平準化のため黒毛和種繁殖雌成牛2頭（平均体重551Kg）も短期的に用いた。なお、放牧馴致として、放牧開始に先立ちパドック飼養を9日間、午後放牧を2日間、昼放牧を4日間、昼夜放牧を2日間実施した。また、配合飼料は本放牧8日前に給与量を半減、6日前からは与えなかった。

放牧は、上述した新規造成のフェストロリウム主体草地を牧区A（58.5a）と牧区B（57.3a）に2分し、定置放牧した（図6左）。牧区Aには、前期の6月16日から8月4日にかけては平均4.2頭、後期の8月25日から11月2日にかけて平均4.7頭を放牧した。牧区Bには、前期に平均4.0頭、後期に平均3.7頭を放牧した（頭数はいずれも300kg体重換算）。両牧区とも10月5日以降は草量の不足によりA区、B区の面積をそれぞれ26.9a、19.1a拡張するとともに、8月5日から24日までの20日間は休牧し、この間に複合肥料（N-P-K：18-12-6）を窒素水準で6 kg/10aを施用した。草地植生の調査は放牧初期と放牧終了後の2回、ライン法により草種ごとの出現頻度を計測した。牧草の乾物生産量および乾物採食量は、2週間間隔のケージ内外差法により求めた。なおケー

表9 試験条件

区 分	定置放牧：2005年				輪換放牧：2006年				
自然立地 条件	標 高	700m							
	地 形	平坦							
	積雪期間	12月11日～4月5日 (115日)							
草地造成 利用年度	2004年9月 (フェストロリウム「エバグリーン」) 利用1年目				同左 利用2年目				
放牧条件 面積牧区 数	定置放牧、A区：58.5a、1牧区		定置放牧、B区：57.3a、1牧区		輪換放牧、A区：55.0a、3牧区		輪換放牧、B区：52.0a、3牧区		
	8月5日～25日迄予備区に放牧		8月5日～25日迄予備区に放牧		1区平均面積18.3a		1区平均面積17.3a		
	10月5日以降85.4aに拡大		10月5日以降85.4aに拡大		8月11日～30日迄予備区に放牧		8月11日～30日迄予備区に放牧		
前 期	放牧期間 6月16日～8月4日 (49日)		延べ208頭数		延べ196頭数		延べ 245頭		
	延べ208頭数		延べ196頭数		延べ 245頭		延べ 172頭		
放牧期間、 頭数(300 kg体重換 算)	6月16日～7月12日 3.0頭		6月16日～7月12日 2.0頭		7月13日～8月4日 5.8頭		7月13日～8月4日 6.5頭		
	7月13日～8月4日 5.8頭		7月13日～8月4日 6.5頭		日平均頭数 4.2頭		日平均頭数 4.0頭		
	日平均頭数 4.2頭		日平均頭数 4.0頭		日平均頭数 3.5頭		日平均頭数 2.5頭		
後 期	放牧期間 8月25日～11月2日 (69日)		延べ 321頭		延べ 254頭		延べ 158頭		
	延べ 321頭		延べ 254頭		延べ 158頭		延べ 116頭		
	日平均頭数 4.7頭		日平均頭数 3.7頭		日平均頭数 3.7頭		日平均頭数 2.7頭		
年 間	118日		118日		113日		113日		
	延べ 529頭		延べ 450頭		延べ 403頭		延べ 288頭		
	日平均頭数 4.5頭		日平均頭数 3.8頭		日平均頭数 3.6頭		日平均頭数 2.6頭		

ジはA区、B区にそれぞれ3個を設置した。牧草の飼料栄養価は近赤外線分析により、CP、TDNを測定した。さらに、家畜の体重を2週間毎に測定した。

## 2) 輪換放牧条件 (2006年)

利用2年目の2006年は、草地を輪換放牧した場合について、2005年と同様の目的で試験を行った。調査期間は6月2日から10月12日(131日間、休牧期間18日を含む)とした。供試牛は、A群が黒毛和種繁殖雌子牛4頭(放牧開始時平均月齢14.0ヶ月、同体重239kg)およびB群は3頭(放牧開始時平均月齢11.3ヶ月、同体重233kg)の計7頭を用いた。なお、試験期間中において発情が見られたものには、適宜放牧地で人工授精を行った。また放牧馴致は2005年と同様に行った。放牧条件として、2005年度に供用した造成2年目のフェストロリウム主体草地を牧区A(55.0a)と牧区B(51.9a)を新たに区画しなおし、さらにそれぞれを3分割(1区平均：A区18.3a、B区17.3a)して輪換放牧した(図6右)。

牧区Aには、前期の6月2日から8月11日にかけては平均3.5頭、後期の8月30日から10月11日にかけては平均3.7頭を放牧し、牧区Bには前期に平均2.5頭、後期に平均2.7頭を放牧した(頭数はいずれも300kg体重換算)。春施肥は5月18日に、追肥は複合肥料(N-P-K：18-12-6)を8月13日に試験区の掃除刈りと併せて窒素水準で6kg/10aずつ施用した。転牧は観察による草量減少および脱柵などの兆

表10 フェストロリウム主体草地における出現頻度の経時的推移 (%)

	1年目(2005年)		2年目(2006年)	
	放牧開始時	放牧終了時	放牧開始時	放牧終了時
フェストロリウム	79.2	72.6	62.0	74.5
その他の牧草	3.2	6.0	24.0	9.5
雑草	0.4	1.8	5.0	1.5
不食過繁地	0.7	3.2	0	11.5
裸地	16.5	16.5	9.0	3.0

候が表れる度を実施した。調査は2005年と同様に行ったが、乾物生産量、体重は入牧および転牧ごとに測定した。なおケージは小区画ごとに3個設置した。さらに牧草の飼料栄養価は、酵素法によりCP、TDNを測定した。TDNの推定には以下の式を用いた。

$$TDN = 54.18 + 0.287 \times (OCC + Oa) - 0.183 \times Ob$$

(自給飼料品質評価研究会編 2001)。

## 3. 結果と考察

### 1) フェストロリウム主体草地の牧草生産性

#### (1) 草地の永続性

2004年秋に造成され、高標高地で一冬越したフェストロリウム主体草地のフェストロリウムの出現頻度は放牧初期で79.2%、定置放牧試験の終了後で72.6%を占め(表10)、よく維持された。利用2年目では、2005年秋と比較して放牧開始時のフェストロ

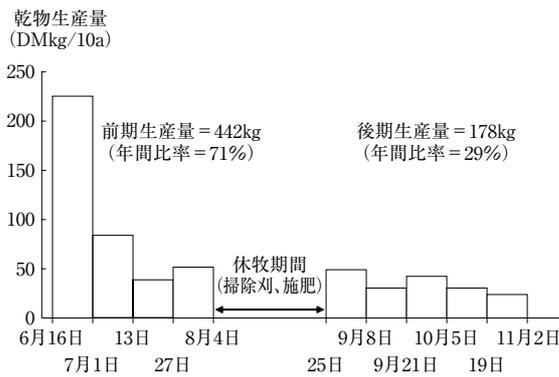


図7 フェストロリウム主体草地の定置放牧における乾物生産量の推移 (2005年)

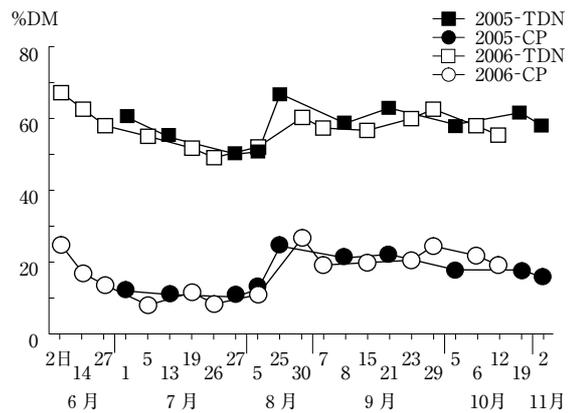


図9 フェストロリウム主体草地の飼料栄養価の季節推移

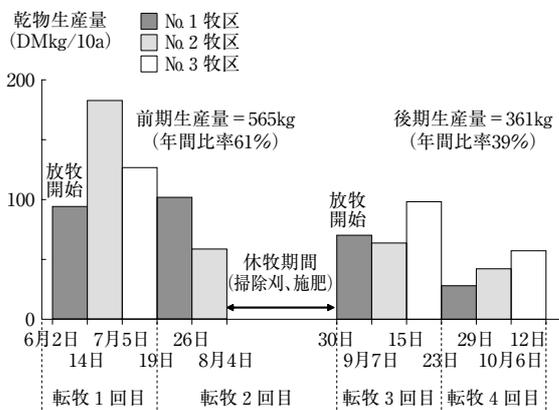


図8 フェストロリウム主体草地の輪換放牧における乾物生産量の推移 (2006年)

リウムの出現頻度が62%に下がったが、輪換放牧試験の終了後には74.5%に回復し、その他の牧草の出現頻度は9.5%であり、雑草、裸地は少なかった(表10)。このように草地植生は良好に維持され、フェストロリウム主体草地の永続性は高いといえる。

(2) 牧草生産性と飼料栄養価

利用1年目(定置放牧条件、2005年)の乾物生産量は620kg/10aであった。これは東北地域の中標高～高標高地帯の放牧地としての標準的な収量450～680kg/10a(農林水産省畜産局 1995)を示していた(図7)。利用2年目(輪換放牧条件、2006年)の年間の乾物生産量は926kg/10aとなり、1年目より大幅に増えて十分な収量が確保できていた(図8)。

フェストロリウム主体草地の飼料栄養価をみると、TDN、CPは放牧前期の6月にはそれぞれ58%

以上、12%以上であった。これらは日本飼養標準肉用牛2000年版(中央畜産会 2000)に示されている黒毛和種繁殖雌子牛12～14ヵ月齢の日増体0.4～0.6kgを確保するために必要な含量(TDN 58%、CP 12%)に比べて高い値であった。7月下旬から8月上旬にかけてTDN、CPはそれぞれ50%前後、10%前後まで減少した(図9)が、8月下旬以降の放牧後期には回復し、いずれの栄養成分も増体に十分な含量で推移した(図9)。

2) フェストロリウム主体草地の放牧利用と黒毛和種繁殖雌子牛の発育

2005年の定置放牧では、乾物生産量と採食量から求めた試験期間の利用率は牧区平均で92.4%と高かった(表11)。1頭あたりの乾物摂取量は体重の2.4%、TDN充足率は123%と推定された(表11)。また、黒毛和種繁殖雌子牛5頭の前期の日増体量は平均0.61kg、後期は平均0.40kg、休牧期間を含めた全期間日増体量は平均0.46kgであった(表12)。

2006年の輪換放牧では、牧草利用率は82%前後で経過し、乾物摂取量は体重の4.8%、TDN充足率は210%程度と推定された(表13)。輪換放牧条件の7頭の前期の日増体量は平均0.43kg、後期は平均0.58kg、休牧期間を含めた全期間日増体量は平均0.38kgであった(表12)。また、受胎率はA区、B区平均で57%であった(表12)。

上述の通り日本飼養標準肉用牛2000年版(中央畜産会2000)では、黒毛和種繁殖雌子牛の12～24ヵ月齢までの日増体量は0.4～0.6kgが目標とされている。放牧の全期間日増体量は、定置放牧条件で0.41～0.53kg、輪換放牧条件で0.35～0.43kgが得られて

表11 定置放牧条件でのフェストロリウム主体草地の牧草生産性 (2005年)

	牧区面積 (ha)	放牧頭数 <sup>1)</sup> (頭)	乾物生産量 (kgDM/10a)	採食量 (kgDM/10a)	牧草利用率 (%)	1日当たり DM摂取量 <sup>2)</sup> (kgDM/10a)	TDN充足率 <sup>3)</sup> (%)
牧区A	0.64	4.49	637	613	96.1	6.6(2.2)	112.6
牧区B	0.61	3.76	603	534	88.6	8.0(2.7)	134.2
平均	0.63	4.15	620	573	92.4	7.3(2.4)	123.4

注. 1) 300kg体重換算

2) 括弧内数字は、1日当たり乾物摂取量の体重比 (%) を示す。

3) 体重300kg、日増体量0.4kgで算出した。

表12 体重の推移

区分	開始時 平均体 重kg	前期		休牧・予備牧区		後期		全期間		
		期間	日増体量 (kg/日)	期間	日増体量 (kg/日)	期間	日増体量 (kg/日)	受胎率 (%)	日増体量 (kg/日)	
2005年 (定置放牧)	A区	286	6月16日	0.56	8月5日	0.17	8月25日	0.37	-	0.41
	B区	261	～8月4日	0.68	～24日	0.48	～11月2日	0.44	-	0.53
	平均	276		0.61		0.29		0.40	-	0.46
	(合計)		(50日)		(20日)		(69日)			
2006年 (輪換放牧)	A区	239	6月2日	0.48	8月12日	-0.38	8月30日	0.59	75	0.35
	B区	223	～8月11日	0.37	～29日	0.36	～10月12日	0.57	33	0.43
	平均	223		0.43		-0.06		0.58	57	0.38
	(合計)		(70日)		(18日)		(43日)			

表13 輪換放牧条件でのフェストロリウム主体草地の牧草生産性 (2006年)

	牧区面積 (ha)	放牧頭数 <sup>1)</sup> (頭)	乾物生産量 (kgDM/10a)	採食量 (kgDM/10a)	牧草利用率 (%)	1日当たり DM摂取量 <sup>2)</sup> (kgDM/10a)	TDN充足率 <sup>3)</sup> (%)
牧区A	0.55	3.58	954	785	82.2	11.4(4.3)	192.1
牧区B	0.52	2.55	898	721	80.8	13.8(5.3)	227.1
平均	0.54	3.06	926	753	81.5	12.6(4.8)	209.6

注. 1) 300kg体重換算

2) 括弧内数字は、1日当たり乾物摂取量の体重比 (%) を示す。

3) 体重300kg、日増体量0.4kgで算出した。

おり、繁殖性に影響がないとされる発育水準が確保できていたと判断される。

以上のことから、定置と輪換の両放牧条件下においてフェストロリウム主体草地の植生はよく維持され永続性は高く、黒毛和種繁殖雌子牛の育成に必要な乾物生産量や栄養価を十分に提供できるといえる。なお、定置条件はスプリングフラッシュ時の利用平準化のためこの時期に増頭するなど放牧頭数を調節する必要がある。また、ミニ放牧でできるだけ多くの牛を放牧し効率的な利用をする場合は輪換放牧が適していると考えられる。

#### 4. 引用文献

- 1) 自給飼料品質評価研究会編. 2001. 改訂粗飼料の品質評価ガイドブック. 日本草地畜産種子協会, 東京. p79-142.
  - 2) 農林水産省畜産局. 1995. 草地管理指標－草地の維持管理編－. 日本草地草畜種協会, 東京. 7-27.
  - 3) 日本飼養標準肉用牛. (2000). 中央畜産会, 東京. p57-58.
- (岩手県農業研究センター 川畑茂樹・佐藤 真・小梨 茂)