

略 号

畜草研報
Bull NARO Inst Livest
Grassl Sci

ISSN:1347-0825
CODEN:CSKKCS



Bulletin of NARO Institute of Livestock and Grassland Science



第15号〈No.15〉平成27年3月 -March2015-

**NARO Institute
of Livestock and
Grassland Science
(NILGS)**

Ibaraki, Japan

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

畜産草地研究所

畜産草地研究所編集委員会
Editorial Board

所長
Director-General

土肥宏志
Hiroshi DOHI

草地研究監
Director, Grassland Research

大同久明
Hisaaki DAIDO

編集委員長
Editor-in-Chief

阿部啓之
Hiroyuki ABE

副編集委員長
Deputy Editor

吉田信代
Nobuyo YOSHIDA

編集委員
Associate Editor

小迫孝実
Takami KOSAKO

間野吉郎
Yoshiro MANO

秋山典昭
Fumiaki AKIYAMA

手島茂樹
Shigeki TEJIMA

浦川修司
Shuji URAKAWA

平子誠
Makoto HIRAKO

森岡理紀
Riki MORIOKA

野村将
Masaru NOMURA

畜産草地研究所研究報告

第15号 (平成27年3月)

目次

原著論文

- 方位と斜度が東日本（冷涼地域）におけるセンチピードグラス (*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.) 被覆速度におよぼす影響 (英文)
..... 平野清・北川美弥・中野美和・
西田智子・池田堅太郎・山本嘉人..... 1
- 近赤外分光分析による単味飼料を用いた濃厚飼料の飼料成分推定の検討
..... 江口研太郎・野中和久.....11
- 飼料中カリウムおよびタンパク質を制御した泌乳牛の尿量低減化が尿石症を発症させる可能性
..... 大谷文博・樋口浩二・小林洋介・野中最子.....19

BULLETIN OF
NARO INSTITUTE OF
LIVESTOCK AND GRASSLAND SCIENCE

No.15 (March2015)

CONTENTS

Research Papers

Kiyoshi HIRANO, Miya KITAGAWA, Miwa NAKANO, Tomoko NISHIDA, Kentaro IKEDA and
Yoshito YAMAMOTO :

The Influence of Slope Aspect and Slope Angle on the Spread of Centipedegrass (*Eremochloa
ophiuroides* (Munro) Hack.) in Eastern Japan (Temperate Climate) 1

Kentaro EGUCHI and Kazuhisa NONAKA :

The Feasibility of Near Infrared Reflectance Spectroscopy for the Analysis of Feed Composition
of Concentrated Feed Used Feed Ingredients11

Fumihito OHTANI, Kouji HIGUCHI, Yousuke KOBAYASHI and Itoko NONAKA :

The Possibility to Develop Urolithiasis in Lactating Dairy Cows Reduced Urine Volume by
Controlling Dietary Potassium and Protein19

The Influence of Slope Aspect and Slope Angle on the Spread of Centipedegrass (*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.) in Eastern Japan (Temperate Climate)

Kiyoshi HIRANO, Miya KITAGAWA¹, Miwa NAKANO, Tomoko NISHIDA²,
Kentaro IKEDA³ and Yoshito YAMAMOTO

Grassland Management Research Division,
NARO Institute of Livestock and Grassland Science, Nasushiobara, 329-2793 Japan

¹ Grassland Management Research Division,
NARO Institute of Livestock and Grassland Science, Miyota, 389-0201 Japan

² National Institute for Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, 305-8604 Japan

³ NARO Tohoku Agricultural Research Center, Morioka, 020-0198 Japan

Abstract

In order to economically and rapidly introduce centipedegrass (*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.) to support grazing on abandoned cultivated lands in eastern Japan (temperate climate), we used continuous rather than categorical data to investigate the influence of slope aspect and slope angle on the rate of spread in centipedegrass. We planted centipedegrass in 2003, and the coverage of centipedegrass was investigated in 61 quadrats with varying slope aspects and slope angles between 2003 and 2008. The number of years from the initial appearance to the maximum rate of centipedegrass spread (YMS, years of maximum spread) was calculated. The quadratic surface regression was also calculated to estimate the relationship among YMS, slope angle, and slope aspect. The highest YMS was 1.0–1.5 years in the quadrats that faced south and were relatively flat, whereas the lowest YMS was 3.0–3.5 years in the quadrats that faced north and had a slope angle of 10–20°. Therefore, centipedegrass can be introduced using a lower seeding rate on flat or gentle-sloping lands with southern aspects, even in eastern Japan (temperate climate) that had -4.7°C of daily minimum air temperature in monthly average. Further, quadratic surface regression showed significant effect of slope aspect and slope angle, but its predictability was low, suggesting that plant species shading centipedegrass affected the spread of centipedegrass.

Key words: *Eremochloa ophiuroides*, slope angle, slope aspect, spread rate, turf grass

Introduction

In Japan, abandoned cultivated lands have been increasing because of labor shortages, particularly in mountainous areas¹⁵⁾. On a relatively flat land, agricultural machinery can facilitate the introduction of highly productive grass species. In contrast, on a steep slope terrain, using agricultural machinery is difficult. Cattle

grazing is one of the most suitable and promising options for utilizing such lands¹⁷⁾. However, Koyama *et al.*¹⁴⁾ reported that if cattle grazing is continued on abandoned cultivated lands, the amount of native plants might reduce, vegetation will decline, and grazing will not be possible. Turf grasses such as *Zoysia japonica* Steud., which is one of the most commonly used grasses in abandoned cultivated lands in Japan¹⁹⁾, are useful in such a situation since they can be

maintained with little or no fertilizer, conserve soil on the slopes¹²⁾, and are tolerant to trampling by cattle⁹⁾. However, it has a lower seed germination rate, and introduction of this grass species by sowing seeds is difficult. Hence, *Z. japonica* seedlings are usually transplanted; however, this requires considerable manpower^{4,13)}.

Recently, centipedegrass (*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.), native to south China⁵⁾, is increasingly being used as turf grass type plant species¹⁰⁾. Because centipedegrass has a higher germination rate, it can be introduced by sowing seeds²⁴⁾. In Japan, studies have focused on the applicability of centipedegrass in relatively warm southwestern regions^{5,8)}, since this species is a warm-season perennial grass¹⁰⁾. Increasing the usage of centipedegrass in Japan requires that more information should be obtained regarding its adaptability to temperate climate such as that found in eastern Japan. In our previous study, we used centipedegrass grassland to graze reproductive cows in regions with a temperate climate, and showed the effectiveness of this grass for calf production⁶⁾. Introducing centipedegrass in temperate climate requires information regarding the method to increase the spread of centipedegrass. Higher seeding rate increases the rate of spread in centipedegrass including seed germination, seedling establishment, and leafy stolon elongation²⁴⁾. However, centipedegrass seeds are expensive (about 15,000 yen·kg⁻¹ in Japan), and increasing the seeding rate is difficult in abandoned cultivated lands. Thus, a method to increase the rate of spread in centipedegrass with lower seeding rate is required.

Slope angle and slope aspect affect the introduction of grasses²³⁾ and grassland vegetation²⁾. If topographical features affect the rate of spread in centipedegrass, conditions that increase the spread rate would reduce the seeding rate and thus decrease the cost of introducing centipedegrass. The effect of slope aspect on the rate of spread in centipedegrass has been evaluated in southwestern Japan⁷⁾, but not in eastern Japan. The effects of slope angle and slope aspect need to be elucidated because abandoned cultivated lands have varying and continuous slope angles and aspects. However, previous studies on the effect of slope aspect and slope angle on grassland vegetation used categorical data (fixed angles and aspects) rather than continuous data^{1,2,7,20,22)}. Evaluation of the rate of spread in centipedegrass by using continuous

data for slope aspect and slope angle might provide detailed information regarding the rate of seeding required according to topographical features. In this study, we used continuous data on slope aspect and slope angle to investigate the influence of these factors on the spread of centipedegrass in the temperate climate of eastern Japan.

Materials and Methods

Study site

This study was conducted at an experimental pasture called the Fujineta site at the NARO Institute of Livestock and Grassland Science, Tochigi Pref. (36° 55' N, 139° 58' E; 330 m elevation) between 2003 and 2008. During the study period, the mean monthly air temperature ranged from 0.1 to 24.7°C, and the monthly rainfall ranged from 8 to 543 mm. The annual mean temperature was 11.7–12.5°C, and the annual total rainfall was 1,483–1,909 mm. The annual minimum and maximum air temperatures ranged from -10.1 to -7.0°C and from 32.3 to 36.1°C, respectively. A 3-ha pasture, including sites with various slope aspects (from 7 to 359°, where north, 0°; east, 90°; south, 180°; and west, 270°) and slope angles (0.5 to 19.1°), was used (Figure 1). Before planting in 2003, the pasture was dominated by *Pleioblastus chino* (Franch. et Savat.) Makino; *Z. japonica*; *Pennisetum alopecuroides* (L.)

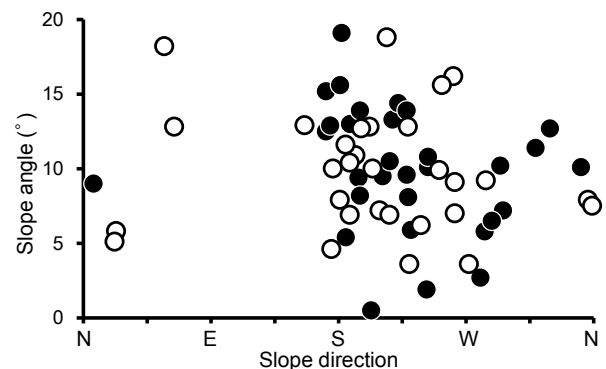


Fig. 1. Distribution of slope aspect and slope angle in the 61 quadrats.

In all, 72 quadrats were planted with centipedegrass in June 2003, but centipedegrass was found in only 61 quadrats in September 2008. ○, seeded; ●, transplanted.

Spreng.; and *Digitaria adscendens* (H.B.K.) Henr.; this type of vegetation is typically found in abandoned cultivated lands in this region.

Experiments

In this study, to evaluate the rate of spread in centipedegrass, we used two introducing methods with an increased observation point and improved precision. Centipedegrass was seeded or transplanted within the 3-ha area (each plot, 0.5 ha; 3 replicates) between June 4 and 20, 2003. Seeding rate was $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ as reported previously²⁴⁾, and the transplanting rate was one pot per meter square with small seedlings (i.e., 2 to 3 leaf stage; height, 3 cm; seedling pot: diameter, 1 cm; depth, 3 cm; individuals per pot, 2 to 3; seedlings, purchased). Each pot was transplanted into a hole dug in the ground (diameter, 2 cm; depth, 3 cm) by using portable electric drills. In all, 72 quadrats of $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ were established to represent various slope aspects and slope angles (Figure 1). Slope angle and slope aspect in each quadrat were measured using a clinometer. Half the quadrats were seeded, and the remaining were transplanted. Coverage of centipedegrass and other plants was measured every May and September from 2003 to 2008. No fertilizer was applied during the experimental period assuming low cost introduction and maintenance in

abandoned cultivated lands. The soil at the site is Andosol. The pasture was grazed by reproductive Japanese Black cows from spring (late April or early May) to autumn (mid-October) at stocking rates of $291\text{--}439 \text{ head} \cdot \text{day} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Data analysis

Slope aspect was converted into a numerical value from north = 0 and $1^\circ = 1$ for east, with north as 0, east as 90, south as 180 and west as 270 with fractional values for angles between the primary aspects. We used centipedegrass coverage data from 61 quadrats between 2003 and 2008. The rate of spread in centipedegrass in each quadrat was analyzed by calculating the years from appearance to the maximum rate of spread in centipedegrass (YMS) by using a quadratic logistic regression (Figure 2). The changes of coverage in centipedegrass in each quadrat from the appearance of centipedegrass seedlings until October 2008 (Figure 2a) were fitted to the quadratic logistic regression equation²⁵⁾:

$$y = Y/(1 + ae^{-bt - ct^2})$$

where y is centipedegrass coverage at time t ; Y is the final coverage; and a , b , and c were obtained from the data to estimate the relative rate of spread in centipedegrass (Figure 2b). The year of maximum rate of spread in centipedegrass was calculated by differentiating the

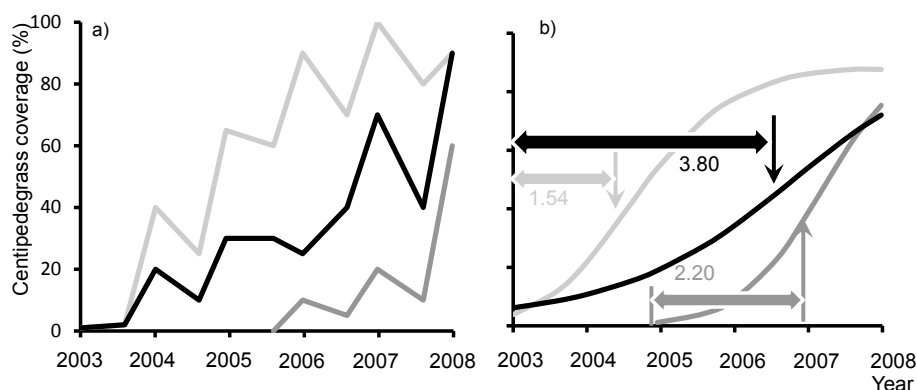


Fig. 2. Concept of the index of the rate of spread in centipedegrass (years from centipedegrass appearance to maximum rate of spread in centipedegrass: YMS) for analysis by using a quadratic logistic regression equation.

Lines of different shades represent data from 3 sample quadrats having different slope aspects and slope angles. (a) Time course of measured centipedegrass coverage. (b) Quadratic logistic regression from fitting actual measured values; the single arrows indicate the time of maximum rate of spread in centipedegrass calculated by differentiating the equation with respect to time; YMS (double-headed arrows) indicates the period of the rate of spread in centipedegrass in each quadrat.

equation with respect to time (dy/dt). YMS was calculated from the time of maximum rate of spread in centipedegrass minus the time of appearance in each quadrat. A logistic regressive equation²¹⁾ was calculated between YMS of seeding and transplanting.

The relationship between YMS and slope aspect and slope angle was determined by calculating the regression curves by using the following quadratic surface regression:

$$YMS = a \times SD^2 + b \times SD + c \times SA^2 + d \times SA + f$$

where a , b , c , d , and f were obtained by fitting this equation to the data to estimate the relative YMS; SD was the slope aspect; and SA was the slope angle. YMS, SD, and SA were standardized when they were regressed using a least-squares method.

The least-squares method of Snedecor and Cochran¹⁸⁾ was used for quadratic logistic regression and quadratic surface regression. Significant differences among these regressions were tested using analysis of variance (ANOVA)¹⁸⁾. The statistical analyses were conducted using SAS version 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA). In this research work we used the supercomputer of AFFRIT, MAFF, Japan.

Results

Topographical effects on the growth of centipedegrass

Logistic analysis was used to evaluate the difference in topographical distribution between centipedegrass seeding and transplanting. There were no significant differences between seeding and transplanting ($\chi^2 = 0.0164$, d.f. = 1, $P = 0.898$). Therefore, we pooled the seeding and transplanting data for the subsequent evaluations to increase the observation point and improve precision.

Changes in centipedegrass coverage over time

In September 2003, centipedegrass seedlings were observed in 57 of the 72 quadrats. In September 2008, centipedegrass was found in 61 of the 72 quadrats, suggesting that centipedegrass had invaded four quadrats from 2003 to 2008. Of the 11 quadrats where centipedegrass perished, 10 were shaded by trees and 1 was dominated by *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng. and *Trifolium repens* L.

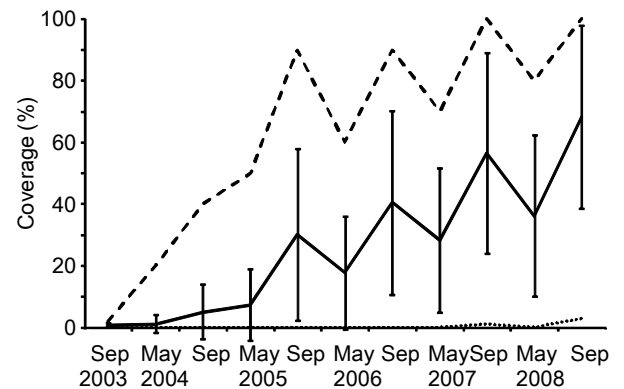


Fig. 3. Coverage of centipedegrass. Maximum (---), mean (—), and minimum (···) coverage. Whiskers show coefficient of variation, $n = 61$.

The average centipedegrass coverage increased from spring to autumn, but not from autumn to spring. It decreased from autumn to spring every year after 2004 (Figure 3). In all quadrats, centipedegrass coverage increased with time, and the rate of increase differed across the quadrats. Average centipedegrass coverage in autumn was 1% in 2003, 30% in 2005, and 68% in 2008; centipedegrass coverage across all the quadrats ranged from 0 to 90% in 2005 and from 3 to 100% in 2008.

Changes in centipedegrass coverage with slope aspect and slope angle

In 2005, the quadrats with higher centipedegrass coverage were located on slopes facing south to west, and those with lower coverage were located on slopes facing north (Figure 4a). Centipedegrass coverage on slopes facing in any aspect was higher in 2008 than in 2005. Slope angle seemed to have a little effect on centipedegrass coverage (Figure 4b). The increase of centipedegrass coverage from 2003 to 2005 and from 2006 to 2008 was evaluated by performing quadratic regression of slope angle and centipedegrass coverage (Table 1). At the locations with a large slope angle, the increase of centipedegrass coverage was small from 2003 to 2005, and it increased from 2006 to 2008. Thus, centipedegrass spread was markedly affected by slope aspect and slightly affected by slope angle.

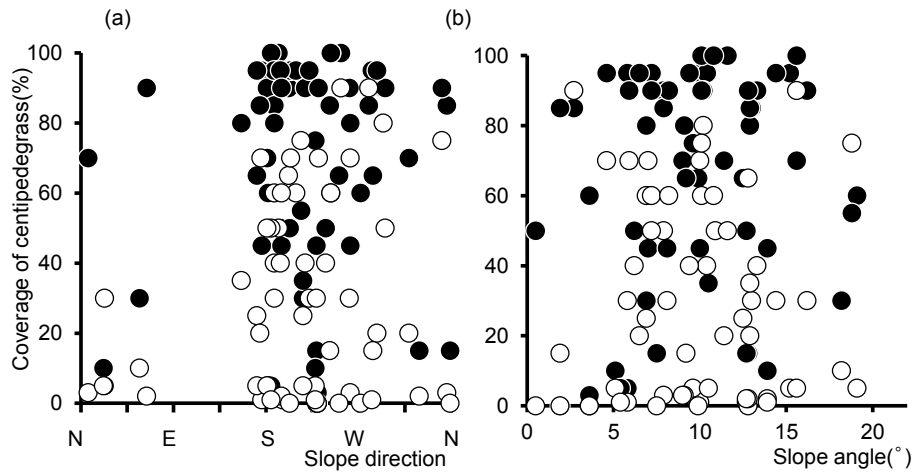


Fig. 4. Centipedegrass coverage in 2005 and 2008 on the quadrats with different (a) slope aspects and (b) slope angles.
○, 2005; ●, 2008.

Table 1. Slope angle and percentage of spread in centipedegrass

Period	Slope angle				
	0°	5°	10°	15°	20°
The coverage of centipedegrass* (%)					
2003–2005	23	30	32	28	20
2006–2008	16	32	41	42	34
The percentage of spread in centipedegrass (%)					
2003–2005	60	48	44	40	37
2006–2008	40	52	56	60	63

* from quadratic regression of centipedegrass coverage in 2005 and 2008

Changes in the rate of spread in centipedegrass as a function of slope aspect and slope angle

The mean value and standard deviation of YMS were 2.55 and 1.03, respectively. The mean values ranged from 0.62 to 4.69 years.

The relationship of YMS to slope aspect and slope angle was evaluated using a quadratic surface regression (Figure 5):

$$YMS = 0.0000221 \times SD^2 - 0.00806 \times SD - 0.00446 \times SA^2 + 0.163 \times SA + 2.0126$$

($n = 61, r^2 = 0.126, P < 0.05$).

The ANOVA for this regression was significant ($P < 0.05$; Table 2), but it showed low predictability ($r^2 = 0.126$). The highest YMS was 1.0–1.5 years in the 185° aspect on a flat ground. YMS decreased gradually with changes in aspects and slopes. The YMS of 2.0–2.5 years was noted in the

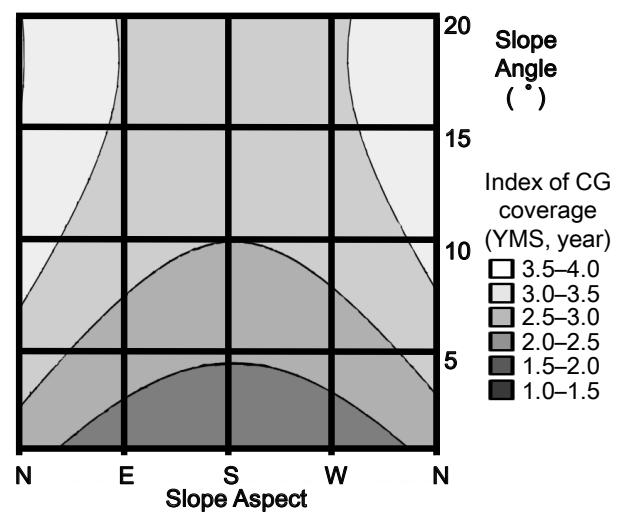


Fig. 5. Distribution of YMS (an index of the rate of spread in centipedegrass) with respect to slope aspect and slope angle.
CG: centipedegrass

Table 2. Analysis of variance of the relationship of years of maximum spread (YMS) with slope aspect and slope angle

Source of variation	S.S.	d.f.	M.S.	F	
Regression	8.8	2	4.4	4.4	*
Deviation	58.1	58	1.0		

* indicates statistical significance at the 5% level.

S.S.: some of square, d.f.: degree of freedom, M.S.: mean square

quadrats located in the western aspect with 5–10° of slope angle and those located in the eastern and western aspects with around 5° of slope angle. At these locations, this finding suggested that the rate of spread in centipedegrass was about 50–60% of that in the locations with the highest YMS. The lowest YMS was 3.0–3.5 years in the quadrats with a northern aspect and 10–20° of slope angle. This suggested that the rate of spread in centipedegrass at these locations was about 33–42% of that in the locations with the highest YMS.

Discussion

Validity of the regression equation

In this study, continuous data were used to evaluate the influence of slope aspect and slope angle on the rate of spread in centipedegrass in eastern Japan (temperate climate; Figure 5). Yamamoto²⁴⁾ reported that centipedegrass coverage reached 90% by the third year after sowing in a flat agricultural land in eastern Japan. The YMS values for the southern aspect and relatively flat conditions were 1.0–1.5; thus, on such quadrats, 2.0–3.0 years were required from the first appearance of centipedegrass to reach maximum coverage, because YMS is the half time for centipedegrass growth (Figure 2). Therefore, the results from our equation are consistent with those reported by Yamamoto²⁴⁾ for flat conditions.

Effects of slope angle and aspect on centipedegrass growth

Plant productivity is affected by slope aspect, because of the higher air and soil temperatures and lower soil water content on the south-facing slopes than on the north-facing slopes in regions with temperate²⁰⁾ and warm climate²²⁾. In improved pastures, the productivity of warm-

season grasses such as bahiagrass (*Paspalum notatum* Flüggé) is higher on the south-facing slopes; in contrast, temperate grasses such as orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.), Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.), and redtop (*Agrostis alba* L.) grow better on north-facing slopes^{1,16,23)}. Centipedegrass is ideal for tropical climates; it is classified as a warm-season grass¹⁰⁾. Our finding that centipedegrass coverage showed a greater increase on the south-facing slopes is consistent with this classification.

Although centipedegrass is a warm-season grass, it can tolerate freezing¹⁰⁾; hence, winter dieback of some centipedegrass might have slowed the spread of centipedegrass in eastern Japan (annual minimum air temperature ranged from –10.1 to –7.0°C). In this study, centipedegrass coverage decreased from fall to spring (Figure 3). Johnston and Dickens¹¹⁾ showed that 95% of centipedegrass survived at temperatures above –5.6°C, but the survival rate decreased to less than 20% at –10.1°C. At our study site, the monthly mean value of daily minimum temperature ranged from –4.7 to –2.5°C, which should allow more than 95% of centipedegrass to survive, but the minimum daily annual air temperatures were –10.1°C in 2006, which should allow < 20% of centipedegrass to survive. In addition, lower soil temperature on the north-facing slopes²²⁾ might have reduced the probability of overwintering and summer growth of centipedegrass. Thus, the northern aspect and cold climate in eastern Japan decreased the overwintering survival of centipedegrass. Hirata *et al.*⁷⁾ evaluated the effect of aspect on centipedegrass spread in southwestern Japan (monthly mean value of daily minimum temperature in winter was around 0°C) and found no difference between the north- and south-facing slopes. Therefore, the influence of slope aspect on the spread of centipedegrass is an important factor in the temperate region with a monthly mean value of

daily minimum temperature of around -4.7°C rather than in relatively warm regions.

With an increase in slope angle, the percentage of centipedegrass spread decreased from 2003 to 2005. Cerdà and García-Fayos³⁾ indicated that a higher slope angle increases the runoff rate of seeds by rainfall. Thus, the higher slope angle might have caused higher runoff rate of seeds, lower seed germination rate, and lower percentage of centipedegrass spread in 2003–2005. In addition, centipedegrass never spread on a higher slope angle in the upper aspect of the gradient, despite spreading in all aspects on a flat land. These factors might have affected the spread of centipedegrass in areas with a higher slope angle.

Botanical composition as another factor for the introduction of centipedegrass

The spread of centipedegrass introduction was affected by not only slope angle and slope aspect but also another factor, as was evident by the lower r^2 (0.126, $P < 0.05$) for regression of YMS. The botanical composition was thought to be another factor that influenced the spread of centipedegrass. Hirata *et al.*⁷⁾ also reported that centipedegrass coverage was lower on slopes with an easterly aspect, because these areas were dominated by bench-type tall fescue (*Festuca arundinacea*) as temperate grass, which is susceptible to both the spread of stoloniferous prostrate species and summer depression, rather than *Paspalum notatum* Flüggé and *Z. japonica*, which were dominant on the other aspects. *Z. japonica*, the dominant species at our study site in 2003, was only distributed on slopes with a southern aspect, whereas *P. chino*, *P. alopecuroides*, and *D. adscendens* were distributed on slopes with the remaining aspects (data not shown). The quadrats distributed with *P. chino* were not replaced by centipedegrass, because *P. chino* is a tall grass and is not degraded by grazing, preventing its replacement by centipedegrass. In this study, centipedegrass could not be introduced in 11 quadrats: 10 quadrats were shaded by trees, and one quadrat was dominated by *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng. and *Trifolium repens* L. These findings suggest that the competitive ability to spread was higher in centipedegrass than in most plant species, but was lower than some plant species that did not degrade during the grazing period and shaded centipedegrass with their tall height. These properties of vegetation and coverage of

centipedegrass were also considered to be affected by cattle grazing. Further studies are needed to clarify the effect of botanical composition and cattle behavior on centipedegrass spread.

Practical implications

Centipedegrass can be introduced in abandoned cultivated lands in eastern Japan in regions with a monthly mean value of daily minimum temperature of around -4.7°C . It can be introduced from northern Kanto to more warm areas in southwestern Japan, but the possibility of introduction of centipedegrass in colder regions having low temperatures below -4.7°C in winter such as the mountainous areas, is still unclear. The rate of spread in centipedegrass studied using continuous data for slope aspect and slope angle revealed that the location of the highest spread rate was in the southern aspect having a flat ground (location A). The rate of spread in centipedegrass in locations of the western aspect with $5\text{--}10^{\circ}$ of slope angle and eastern and western aspects with around 5° of slope angle (location B) were about 50–60% of that in the locations with the highest spread. The locations with the lowest rate of spread in centipedegrass were those in the northern aspect having a $10\text{--}20^{\circ}$ slope angle (location C); the spread rate in these locations was about 33–42% of that found in the location with the highest spread. For considering different effective strategies to introduce centipedegrass by changing the seeding rate according to topographical features, the rate of spread in centipedegrass for different slope aspects and slope angles is available. Yamamoto²⁴⁾ indicated that centipedegrass could be introduced at a seeding rate of 5 kg/ha in a flat ground, such as location A in our study. These results suggest that the seeding rate according to the topographical features should be 5 kg/ha in location A, 10 kg/ha in location B because of the 50–60 % decrease in the rate of spread compared with that at location A, and 15 kg/ha in location C because of the 33–42 % decrease in the rate of spread compared with that at location A. Thus, our regression relating the rate of spread in centipedegrass from continuous data will facilitate more economical centipedegrass introduction rather than that from categorical data, because our regression equation is more suitable for abandoned cultivated lands with varying and continuous slope angles and slope aspects.

This study also suggested that the spread of

centipedegrass was affected by not only slope angle and slope aspect, but also vegetation. Plant species that shade centipedegrass throughout the grazing period might reduce the spread of centipedegrass. Thus, for the successful introduction of centipedegrass, care should be taken that it is not planted under trees and in areas that are subjected to intensive cutting or grazing.

Acknowledgments

We are grateful to Dr. Mamoru Nashiki, Dr. Tetsuya Ikeda, Dr. Yasuko Togamura, Ms. Hiroko Suzuki, and the members of the Grassland Research Support Center of NILGS for their helpful assistance. This work was supported by the research project of “Grassland Dynamics in Japan” and “Integrated Research for Developing Japanese-style Forage Feeding System to Increase Forage Self-Support Ration” sponsored by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan.

References

- 1) Bennett, O.L., Mathias, E.L. and Henderlong, P.R. (1972). Effects of north- and south-facing slopes on yield of Kentucky Bluegrass (*Poa pratensis* L.) with variable rate and time of nitrogen application, *Agronomy J.*, 64, 630–635.
- 2) Bennie, J., Hill, M.O., Baxter, R. and Huntley, B. (2006). Influence of slope and aspect on long-term vegetation change in British chalk grasslands, *J. Ecol.*, 94, 355–368.
- 3) Cerdà, A. and García-Fayos P. (1997). The influence of slope angle on sediment, water and seed losses on badland landscapes, *Geomorphology*, 18, 77–90.
- 4) GAFSA (2005). Manual for renovate and utilize *Zoysia*-type grassland, Japan grassland agriculture and forage seed association (GAFSA), Tokyo, 86p. (in Japanese.)
- 5) Hanna, W.W. and Burton, G.W. (1978). Cytology, reproductive behavior, and fertility characteristics of centipedegrass, *Crop Sci.*, 18, 835–837.
- 6) Hirano, K., Yamamoto, Y. and Kitagawa, M. (2010). Effect of fertilization on the productivity of centipedegrass (*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.) in the North Kanto region, *J. Japan Grass. Sci.*, 56 suppl. 17. (in Japanese.)
- 7) Hirata, M., Nagakura, Y., Yuki, N., Adachi, K., Fujii, R., Koyakumar, T., Ogura, S., Moritake, H., Watanabe, C. and Fukuyama, K. (2007). Development and establishment of centipede grass (*Eremochloa ophiuroides*) in south-western Japan, *Trop. Grassl.*, 41, 100–112.
- 8) Hirata, M., Mizuno, S. and Tobisa, M. (2012). Ability of centipedegrass (*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.) to spread by stolons, Effects of soil, fertilizer, shade and edging, *Grassl. Sci.*, 58, 28–36.
- 9) Ishida, R. (1990). General remarks on the research works of Japanese lawn grass (*Zoysia japonica* Steud.) and *Zoysia* type grasslands in Japan, *J. Japan Grassl. Sci.*, 36, 210–217. (in Japanese with English abstract.)
- 10) Islam, M. and Hirata, M. (2005). Centipedegrass (*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.): growth behavior and multipurpose usages, *Grassl. Sci.*, 51, 183–190.
- 11) Johnston, W.J. and Dickens, R. (1977). Cold tolerance evaluation of several centipedegrass selections, *Agronomy J.*, 69, 100–103.
- 12) Kashiwabara, H., Oyamada, M. and Sugimoto, Y. (2008). The differences of lines of *Zoysia japonica* Steud and *Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack on growth and soil preservation in the slope land, *J. Jpn. Soc. Turfgrass Sci.*, 36, 100–104. (in Japanese with English abstract.)
- 13) Kochi pref., Tokushima pref. and Ehime pref. (1996). Manual for renovate *Zoysia japonica* Steud using transplant seedling. Kochi pref., Kochi, 71p. (in Japanese.)
- 14) Koyama, N., Tanimoto, Y. and Senda, M. (2004). Utilization of abandoned cultivated lands for grazing, *Bull. Natl. Agric. Res. Cent. West. Reg.*, 3, 47–55. (in Japanese with English abstract.)
- 15) National Chamber of Agriculture (1999). Report of survey results of abandoned cultivated land realities and their future utilization, National Chamber of Agriculture, Tokyo, 205p. (in Japanese.)
- 16) Nikki, I., Ueno, M., Sugimoto, Y. and Nishi, T. (1980). Vegetational difference among slope aspects –an investigation for Hanatate pasture, *Bull. Fac. Agri. Miyazaki Univ.*, 27, 375–382. (in Japanese with English abstract.)

- 17) Senda, M., Tanimoto, Y. and Koyama, N. (2003). Economical results of grazing on less-utilized arable fields in LFAs, Bull. Natl. Agric. Res. Cent. West. Reg., 2, 41–58. (in Japanese with English abstract.)
- 18) Snedecor, G.W. and Cochran, W.G. (1980). Statistical methods, Iowa State University Press, USA, 507p.
- 19) Suganuma, T. (1966). Phytosociological studies on the semi-natural grasslands used for grazing in Japan, I. Classification of grazing land, Jap. J. Bot., 19, 255–276.
- 20) Sugimoto, Y., Hirata, M., Ueno, M. and Nikki, I. (1987). Effect of slope aspect on the vegetational and soil characteristics –an investigation on Mt. Ono in Aso province, Bull. Fac. Agri. Miyazaki Univ., 34, 297–304. (in Japanese with English abstract.)
- 21) Tango T., Yamaoka K. and Takagi H. (1996). Logistic regression analysis, Asakura-shoten, Tokyo, 65–92. (in Japanese.)
- 22) Ueno, M., Sugimoto, Y. and Hirata M. (1985). Effects of slope aspects on the root growth of Bahiagrass, *Paspalum notatum* Flugge, J. Japan Grass. Sci., 31, 104–109. (in Japanese with English abstract.)
- 23) White, J.G.H., Meijer, G. and Langer, R.H.M. (1972). Oversowing grasses on sunny and shady faces, Proceedings of the New Zealand Grassland Association, 34, 139–146.
- 24) Yamamoto, Y. (2005). Quick construction of a lawn grass type grazed pasture through *Eremochloa ophiuroides* seeding, Sustainable Livestock Production Human Welfare, 59, 131–134. (in Japanese.)
- 25) Yonezawa, K. (1988). Analysis of growth patterns of plants with growth curve, In: Biostatistics (Eds Yonezawa, K., Sasaki, Y., Imanishi, S. and Fujii, H.), Asakura-shoten, Tokyo, 178–183. (in Japanese.)

方位と斜度が東日本（冷涼地域）におけるセンチピードグラス (*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.) 被覆速度におよぼす影響

平野清・北川美弥¹・中野美和・西田智子²・池田堅太郎³・山本嘉人

農研機構畜産草地研究所 草地管理研究領域, 那須塩原市, 329-2793

¹ 農研機構畜産草地研究所 草地管理研究領域, 御代田町, 389-0201

² 農業環境技術研究所, つくば市, 305-8604

³ 農研機構東北農業研究センター, 盛岡市, 020-0198

摘 要

北関東程度の冷涼な気候条件の耕作放棄地放牧において、経済的かつ早期にセンチピードグラス草地を造成するため、斜面方位と斜度がセンチピードグラスの被覆速度に及ぼす影響を評価した。方位と斜度が異なる61のコドラートにセンチピードグラスを2003年に導入し、2008年までその被度を調査した。センチピードグラス被覆速度の指標として、センチピードグラスの出現から最も早く広がる速度に達するまでの期間(YMS)を求めた。そして、方位と斜度を独立変数、YMSを従属変数として曲線回帰を行った。その結果、YMSが最も短い地形は南向きの平坦な場所で、その値は1.0-1.5年であった。YMSが最も遅い地形は北向きの10-20°の斜面で、その値は3.0-3.5年であった。このことから、東日本の冷涼な気候(月平均最低気温が-4.7℃程度)の気候条件下でセンチピードグラスを種子により導入する場合、平坦な南側の地形で播種量を少なくすることが実用的と考えられた。一方、曲線回帰は有意であるが r^2 が低く、その要因としてセンチピードグラス導入には前植生の庇蔭の影響も受けていたことが考えられた。

キーワード：センチピードグラス, 斜度, 方位, 被覆速度, シバ型草地

近赤外分光分析による単味飼料を用いた濃厚飼料の飼料成分推定の検討

江口研太郎・野中和久

農研機構畜産草地研究所 家畜飼養技術研究領域, 那須塩原市, 329-2793

要 約

近赤外分光分析法により濃厚飼料（トウモロコシ穀実, ソルガム穀実, エンバク穀実, コムギ穀実, ハトムギ穀実, ソバ穀実, ごま穀実, ダイズ穀実, 飼料用粳米, 飼料用玄米, 黒もち玄米, 食用精米, 圧ぺんトウモロコシ, 圧ぺん大麦, 大豆粕, ナタネ粕, 小麦ふすま, 大麦ふすま, 米ぬか, ビートパルプ）の飼料成分を推定するユニバーサル検量線の作成を試みた。検量線評価時の決定係数 (R^2_v) 値と検量線作成時の標準偏差と検量線評価時の標準誤差の比 (RPD) 値の結果は, 乾物率 ($R^2_v = 0.86$; RPD = 2.7), 粗タンパク質 (CP) 含量 ($R^2_v = 0.99$; RPD = 9.2), 溶解性タンパク質 (CPs) 含量 ($R^2_v = 0.83$; RPD = 2.4), 非分解性タンパク質 (CPu) 含量 ($R^2_v = 0.88$; RPD = 2.9), 結合性タンパク質 (CPb) 含量 ($R^2_v = 0.78$; RPD = 2.0), 粗脂肪 (EE) 含量 ($R^2_v = 1.00$; RPD = 8.7), 酸性デタージェント繊維 (ADFom) 含量 ($R^2_v = 0.87$; RPD = 2.8), 中性デタージェント繊維 (aNDFom) 含量 ($R^2_v = 0.94$; RPD = 4.1) および澱粉含量 ($R^2_v = 0.96$; RPD = 5.4) であった。これらの結果から, 濃厚飼料は近赤外分光分析装置を用いて, 乾物率, CPu, CPs, ADFom 含量は準実用的な精度で推定できる可能性がある, aNDFom 含量は実用的で高い精度で推定できる可能性がある, 澱粉含量は実用的で非常に高い精度で推定できる可能性がある, CP と EE 含量は化学分析相当で極めて高い精度で推定できる可能性があると判定された。

キーワード：近赤外分光分析法, 濃厚飼料

緒 言

畜産現場で家畜に飼料を給与する場合, その栄養価は正しく求められなければならない。特に, 飼料の種類を変更する場合や, 飼料の生産地が変更された場合には化学分析を実施し正確な飼料成分を算出する必要がある。しかし通常, 飼料成分は時間と手間を要する化学分析により求められるため, 多くの場合, 代替措置として日本標準飼料成分表⁹⁾の数値が利用されている。しかし, その値は実際に用いる飼料と成分値が異なる場合も多く, 場合によってはその差は無視できない程度に達する。近赤外分光分析は迅速かつ安全な非破壊分析法であるため, TMR センターや飼料分析センター等の畜産現場において有効な飼料設計の手法として用いられている。一般的に, 近赤外分光分析で飼料成分を推定する場合, 検量線は単味飼料ごとに作成される。しかし仕入れた濃厚

飼料に応じて検量線を選択するのは効率が悪いので, 1種類の検量線, すなわちユニバーサル検量線であらゆる濃厚飼料の飼料成分を推定できることが望ましい。そこで本試験では, 濃厚飼料としてトウモロコシ穀実, ソルガム穀実, エンバク穀実, コムギ穀実, ハトムギ穀実, ソバ穀実, ごま穀実, ダイズ穀実, 飼料用粳米, 飼料用玄米, 黒もち玄米, 食用精米, 圧ぺんトウモロコシ, 圧ぺん大麦, 大豆粕, ナタネ粕, 小麦ふすま, 大麦ふすま, 米ぬかおよびビートパルプを対象にし, 飼料成分として乾物率, 粗タンパク質 (CP) 含量, タンパク質画分, 粗脂肪 (EE) 含量, 酸性デタージェント繊維 (ADFom) 含量, 中性デタージェント繊維 (aNDFom) 含量および澱粉含量を推定できるユニバーサル検量線を作成し, その推定精度と各飼料種への適合性を検討した。

材料および方法

1. 供試試料

トウモロコシ穀実 10 点, ソルガム穀実 14 点, エンバク穀実 2 点, コムギ穀実 2 点, ハトムギ穀実 2 点, ソバ穀実 3 点, ごま穀実 3 点, ダイズ穀実 7 点, 飼料用粳米 5 点, 飼料用玄米 6 点, 黒もち玄米 2 点, 食用精米 6 点, 圧ペントウモロコシ 4 点, 圧ペン大麦 4 点, 大豆粕 5 点, ナタネ粕 3 点, 小麦ふすま 2 点, 大麦ふすま 2 点, 米ぬか 3 点, ビートパルプ 2 点の合計 87 点を供した。これらの単味飼料を粉碎機 (Wander Blender, 大阪ケミカル社, 大阪) を用いて ϕ 1mm の篩を通過する粒度に粉碎し, 化学分析および近赤外分光分析に供した。ただし, 澱粉の定量には同様の方法で ϕ 0.5mm の粒度に粉碎したサンプルを供した。

2. 飼料分析

乾物率は乾燥機 (DO-450FA, アズワン, 大阪) を用いて常法⁷⁾, すなわち 135°C で 2 時間乾燥することにより定量した。CP 含量はケルテックシステム (Kjeltec 2400/2460 Auto Sampler System, Tecator 社, デンマーク) を用いたケルダール法で定量した。CP のルーメン内での分解性の把握は生産性向上において重要である²⁾。特に高泌乳牛や子牛のように CP 要求量が高い場合は, 分解性タンパク質 (CPd) だけでは要求量を満たすことができないため, CP 要求量との差を非分解性タンパク質 (CPu) で補うことにより牛へのタンパク質供給を最も効率よく行うことが可能となる⁸⁾。これらの事情に応じて粗飼料^{6,15)} やサイレージ⁵⁾ のタンパク質画分に関しては近赤外分光分析法による検量線の作成が報告されている。本試験では, 濃厚飼料を対象にし, タンパク質画分として CPd 含量, CPu 含量, 溶解性タンパク質 (CPs) 含量および結合性タンパク質 (CPb) 含量を常法⁷⁾ に従って定量した。EE 含量はソックスレー抽出法⁷⁾ で, ADFom 含量と aNDFom 含量はデタージェント分析法^{7,11,12)} で定量した。澱粉含量は市販のキット (Total starch assay kit, メガザイム社, アイルランド) を用いて定量した。これらの化学分析値からタンパク質画分以外の成分は乾物中の各成分含有率として求めた。タンパク質画分については CP 中の成分含有率を求め, 近赤外分光分析用の化学分析値データとして用いた。

3. 近赤外スペクトル

近赤外分光分析装置には Model 6500 型 (FOSS NIRSystems 社, USA) を使用し, 本体には Spinning

Sample Module (FOSS NIRSystems 社, USA) を装着した。粉碎試料 (粒度 ϕ 1mm) は標準セルに詰め 400–2500nm の範囲について 2nm おきに吸光度を測定し 32 回反復走査した平均値をその吸光度とした。測定した近赤外スペクトルは VISION ソフトウェア (Ver.3.5, FOSS NIRSystems 社, USA) を用いて二次微分処理 (微分条件: セグメント 20, ギャップ 0) を施し検量線作成に供した。

4. 検量線の作成と評価

検量線作成用にはトウモロコシ穀実 8 点, ソルガム穀実 12 点, エンバク穀実 1 点, コムギ穀実 1 点, ハトムギ穀実 1 点, ソバ穀実 2 点, ごま穀実 2 点, ダイズ穀実 5 点, 飼料用粳米 4 点, 飼料用玄米 5 点, 黒もち玄米 1 点, 食用精米 5 点, 圧ペントウモロコシ 3 点, 圧ペン大麦 3 点, 大豆粕 3 点, ナタネ粕 2 点, 小麦ふすま 1 点, 大麦ふすま 1 点, 米ぬか 2 点, ビートパルプ 1 点, 合計 63 点を供した。検量線評価用にはトウモロコシ穀実 2 点, ソルガム穀実 2 点, エンバク穀実 1 点, コムギ穀実 1 点, ハトムギ穀実 1 点, ソバ穀実 1 点, ごま穀実 1 点, ダイズ穀実 2 点, 飼料用粳米 1 点, 飼料用玄米 1 点, 黒もち玄米 1 点, 食用精米 1 点, 圧ペントウモロコシ 1 点, 圧ペン大麦 1 点, 大豆粕 2 点, ナタネ粕 1 点, 小麦ふすま 1 点, 大麦ふすま 1 点, 米ぬか 1 点, ビートパルプ 1 点, 合計 25 点を供した。二次微分スペクトルの吸光度と化学分析値に基づいて, 重回帰分析 (MLR) 法によりソフトウェアの自動選択で第 4 波長まで使用した複数の検量線, および部分最小二乗 (PLS) 回帰分析法により因子数を 3 ~ 20 とし複数の検量線を作成した。そして, 検量線作成時の決定係数 (R^2_c) と標準誤差 (SEC), 検量線評価時の決定係数 (R^2_v) と標準誤差 (SEP) を求めた。最適な検量線には SEP が最も小さいものを採用した。検量線の推定精度は検量線作成時の標準偏差と検量線評価時の標準誤差の比 (RPD) 値 (検量線評価群の標準偏差 (SD) \div SEP)¹³⁾ で評価した。

結果および考察

供試した濃厚飼料の化学分析値は乾物率 87.4–92.5%, CP 含量 7.3–51.4%, CPu 含量 19.8–78.6%, CPs 含量 6.4–64.0%, CPb 含量 1.4–27.6%, EE 含量 0.6–53.7%, ADFom 含量 0.4–30.4%, aNDFom 含量 5.0–41.4% および澱粉含量 0.5–76.5% であった (表 1)。表 2 には検量線作成用サンプル群と検量線評価用サンプル群の化学分析値を示した。

表 1. 供試した濃厚飼料の飼料成分

試料名	<i>n</i>	DM(%)	CP(%)	CPu(%)	CPs(%)	CPb(%)	EE(%)	ADFom(%)	aNDFom(%)	澱粉(%)
トウモロコシ穀実	10	89.7±0.6	9.4±0.8	66.6±3.0	19.8±2.1	4.7±1.7	4.3±0.4	3.7±0.3	13.1±1.2	65.7±3.2
ソルガム穀実	14	92.1±1.3	13.4±2.7	69.8±5.1	16.9±2.4	17.5±2.9	3.5±0.6	9.3±4.5	20.9±8.5	62.1±10.4
エンバク穀実	2	91.3±0.7	16.6±2.1	49.3±2.8	32.1±2.0	5.9±1.4	6.4±0.4	2.4±0.4	19.2±3.2	57.5±1.4
コムギ穀実	2	92.2±0.2	14.7±0.4	26.8±3.3	32.7±3.4	2.1±0.2	1.8±0.2	3.8±0.8	26.1±3.9	63.2±2.7
ハトムギ穀実	2	90.0±0.1	13.4±0.1	71.4±5.2	14.4±4.6	26.3±1.8	4.8±0.7	30.1±0.5	41.4±1.6	35.8±2.1
ソバ穀実	3	89.8±0.2	14.6±0.7	36.3±2.6	50.9±4.7	9.6±0.9	2.2±0.2	18.5±1.6	21.8±0.7	55.9±4.6
ごま穀実	3	99.3±0.2	24.7±0.7	23.0±2.8	14.1±0.9	3.6±1.4	53.7±3.9	22.7±1.8	32.8±5.6	1.6±0.2
ダイズ穀実	7	93.3±0.4	43.6±2.3	31.0±3.6	54.6±5.1	3.9±1.5	19.2±0.7	13.5±1.1	18.8±2.8	0.5±0.2
飼料用粳米	5	88.2±0.7	7.8±0.5	66.1±1.5	13.6±2.6	11.0±2.3	2.1±0.2	12.4±1.0	20.9±2.8	61.2±1.4
飼料用玄米	6	87.4±1.0	8.6±0.6	61.4±5.6	15.2±5.4	8.9±0.7	2.5±0.4	2.1±0.5	9.8±4.0	73.6±3.0
黒もち玄米	2	88.6±1.3	9.1±0.0	66.9±2.8	17.9±5.9	9.1±1.9	3.3±0.1	2.1±0.2	16.0±2.6	70.2±1.2
食用精米	6	87.2±1.0	7.3±0.4	63.2±2.9	16.6±4.6	6.8±1.1	0.6±0.1	0.6±0.1	5.0±1.4	76.5±3.0
圧ペントウモロコシ	4	89.0±1.3	9.2±0.4	66.0±1.3	10.8±1.9	12.6±3.4	3.9±0.2	4.0±0.5	13.2±2.4	64.8±7.3
圧ペン大麦	4	90.9±1.4	12.5±0.8	35.1±4.6	13.0±2.1	12.6±2.0	2.5±0.3	6.0±2.4	28.5±4.3	54.1±3.9
大豆粕	5	91.1±2.4	51.4±0.4	33.7±3.0	16.5±3.4	2.5±0.5	2.5±0.6	8.0±1.1	13.4±3.0	1.4±0.6
ナタネ粕	3	90.8±2.8	43.5±6.6	31.6±8.9	38.7±24.1	6.3±0.3	6.2±5.8	24.0±3.3	32.0±5.7	0.9±0.9
小麦ふすま	2	93.3±4.9	19.2±1.7	36.3±1.0	32.9±6.4	3.1±0.3	3.6±2.4	15.3±0.1	48.2±0.4	11.2±0.2
大麦ふすま	2	92.0±1.2	17.2±1.4	35.6±4.9	35.6±2.7	5.0±0.7	4.2±0.4	12.0±3.1	38.1±13.0	16.3±2.4
米ぬか	3	90.4±1.0	17.1±0.6	56.4±0.6	37.0±5.3	5.0±0.6	21.8±1.0	16.5±2.5	32.3±2.6	9.6±1.6
ビートパルプ	2	92.5±0.0	8.5±0.8	46.2±0.9	12.5±2.3	10.6±0.7	0.7±0.0	24.1±0.0	48.6±0.7	0.9±0.5

DM：乾物率（原物中），CP：粗タンパク質（乾物中），CPu：非分解性タンパク質（CP中），CPs：溶解性タンパク質（CP中），CPb：結合性タンパク質（CP中），EE：粗脂肪（乾物中），ADFom：酸性デタージェント繊維（乾物中），aNDFom：中性デタージェント繊維（乾物中），澱粉（乾物中）。数値は平均値 ± 標準偏差。

表 2. 検量線作成用および検量線評価用に用いた濃厚飼料の飼料成分

分析項目 ¹	検量線作成用					検量線評価用				
	<i>n</i>	最小値	最大値	平均値	標準偏差	<i>n</i>	最小値	最大値	平均値	標準偏差
DM (% FM)	63	85.6	99.2	90.6	2.7	24	86.9	99.5	91.2	3.0
CP (% DM)	63	7.0	51.6	17.1	13.2	24	6.9	51.8	20.2	15.0
CPu (% CP)	63	24.4	78.6	54.9	16.5	24	19.8	75.0	47.9	17.2
CPs (% CP)	63	6.4	64.0	22.7	13.8	23	6.5	55.9	23.4	13.4
CPb (% CP)	63	1.4	27.6	9.4	5.9	24	2.2	25.0	7.9	5.7
EE (% DM)	63	0.6	56.9	6.7	10.6	24	0.6	49.4	7.1	10.8
ADFom (% DM)	63	0.4	29.8	9.3	7.5	24	0.4	30.4	10.7	8.1
aNDFom (% DM)	63	2.5	48.5	20.0	11.0	24	4.9	49.1	23.1	12.1
澱粉 (% DM)	63	0.2	78.8	48.1	28.8	24	0.0	75.4	37.7	29.8

¹ 表 1 参照。

1. 乾物率

MLR 分析で求めた乾物率の R^2 値, SEP 値および RPD 値は, 0.84, 1.18% および 2.5 であった (表 3)。MLR 分析で選択した第一波長の吸収は 1954nm であり, これは水の結合音 (1930–1940nm) に帰属すると考えられた³⁾。PLS 回帰分析では 400–2500nm の全波長を用いるよりも可視光域を除いた 1100–2500nm の波長域を用いた方が検量線の精度は高くなった。PLS 回帰分析で求

めた乾物率の R^2 値, SEP 値および RPD 値は, 0.86, 1.11% および 2.7 であった (表 4)。PLS 回帰分析で作成した検量線は $2.4 < RPD < 3.0$ であるため, 準実用的な精度で推定できる可能性があると判定された (図 1)。なお, 濃厚飼料の乾物率に関しては既報^{4,14)} においても本試験と同等な精度の検量線が作成されている。

表3. 濃厚飼料の飼料成分の重回帰分析結果

分析項目 ¹	検量線作成用			検量線評価用				RPD ^{8,9}
	選択波長 (nm)	SEC ²	R_c^2 ³	SEP ⁴	R_v^2 ⁵	バイアス ⁶	スロープ ⁷	
DM (% FM)	1954, 2186, 1984, 692	0.55	0.96	1.18	0.84	-0.22	1.06	2.5
CP (% DM)	2194, 1736, 1964, 2376	1.56	0.99	2.10	0.98	0.07	0.95	7.1
CPu (% CP)	1996, 434, 2340, 1892	7.60	0.80	9.92	0.71	-4.10	0.97	1.8
CPs (% CP)	2130, 742, 2364, 968	9.33	0.58	11.08	0.34	0.30	0.72	1.2
CPb (% CP)	1908, 1830, 2372, 1340	3.70	0.63	3.78	0.65	-1.66	0.98	1.5
EE (% DM)	1724, 2302, 1042, 490	1.15	0.99	1.25	0.99	-0.26	1.02	8.6
ADFom (% DM)	1002, 1414, 2210, 2340	2.67	0.88	3.69	0.78	-0.25	1.02	2.2
aNDFom (% DM)	1754, 554, 2340, 2194	3.78	0.89	2.97	0.94	0.65	1.06	4.1
澱粉 (% DM)	1776, 2196, 1156, 1228	4.35	0.98	5.56	0.96	-0.33	0.99	5.4

¹ 表1参照.² 検量線が示した標準誤差.³ 検量線作成時の決定係数.⁴ 検量線評価時における標準誤差.⁵ 検量線評価時の決定係数.⁶ 化学分析値と近赤外分光分析推定値を1次式で表した時の切片.⁷ 化学分析値と近赤外分光分析推定値を1次式で表した時の勾配.⁸ 検量線作成時の標準偏差と検量線評価時の標準誤差の比.⁹ RPD<2.3: 精度は非常に低い. 2.4<RPD<3.0: 準実用的な精度で推定できる可能性あり. 3.1<RPD<4.9: 実用的で高い精度で推定できる可能性あり. 5.0<RPD<6.4: 実用的で非常に高い精度で推定できる可能性あり. 6.5<RPD<8.0: 実用的で極めて高い精度で推定できる可能性あり. 8.1<RPD: 化学分析相当で極めて高い精度で推定できる可能あり.

表4. 濃厚飼料の飼料成分の PLS 回帰分析結果

分析項目 ¹	検量線作成用			検量線評価用				RPD ^{8,9}
	因子	SEC ²	R_c^2 ³	SEP ⁴	R_v^2 ⁵	バイアス ⁶	スロープ ⁷	
DM (% FM)	10	0.54	0.97	1.11	0.86	-0.28	1.04	2.7
CP (% DM)	11	0.70	1.00	1.63	0.99	-0.56	0.95	9.2
CPu (% CP)	15	5.33	0.92	5.89	0.88	0.71	0.95	2.9
CPs (% CP)	15	3.13	0.96	5.69	0.83	0.68	1.05	2.4
CPb (% CP)	15	2.10	0.90	2.79	0.78	-0.58	0.88	2.0
EE (% DM)	8	0.56	1.00	1.23	1.00	-0.03	1.00	8.7
ADFom (% DM)	9	2.19	0.93	2.89	0.87	0.11	1.00	2.8
aNDFom (% DM)	10	2.94	0.94	4.46	0.87	1.07	0.93	2.7
澱粉 (% DM)	10	3.64	0.99	7.14	0.94	-0.85	0.96	4.2

¹⁻⁹ 表1および表3参照.

2. 粗タンパク質

本試験では、MLR分析で求めたCP含量の R_v^2 値、SEP値およびRPD値は、0.98、2.10%および7.1であった(表3)。MLR分析で選択した第一波長の吸収は2194nmであり、これはCP由来の第1級アミド(-CONH₂)結合音(2140-2170nm)³⁾に帰属すると考えられた。一方、PLS回帰分析で求めたCP含量の R_v^2 値、SEP値およびRPD値は、0.99、1.63%および9.2であった(表4)。PLS回帰分析で作成した検量線は8.1<RPDであるため、化学分析相当で極めて高い精度で推定できる可能性があると判定された(図1)。

3. タンパク質画分

(1) 溶解性タンパク質 (CPs)

ダイズ穀実1点が検量線から大きく外れるため除いて試験した。MLR分析で求めたCPs含量の R_v^2 値、SEP値およびRPD値は、0.34、11.08%および1.2であった(表3)。粗飼料のCPsのMLR分析では、第一波長としてイネWCSでは2190nmが選択されており⁶⁾、これはCP由来の-CO-NH₂結合音(2140-2170nm)³⁾に帰属していると考えられた。同様に、イネ科牧草サイレージでは-CO-NH₂第1倍音(1600-1620nm)³⁾に帰属する1622nmが¹⁵⁾、イネ科牧草乾草ではメチレン(-CH₂)結

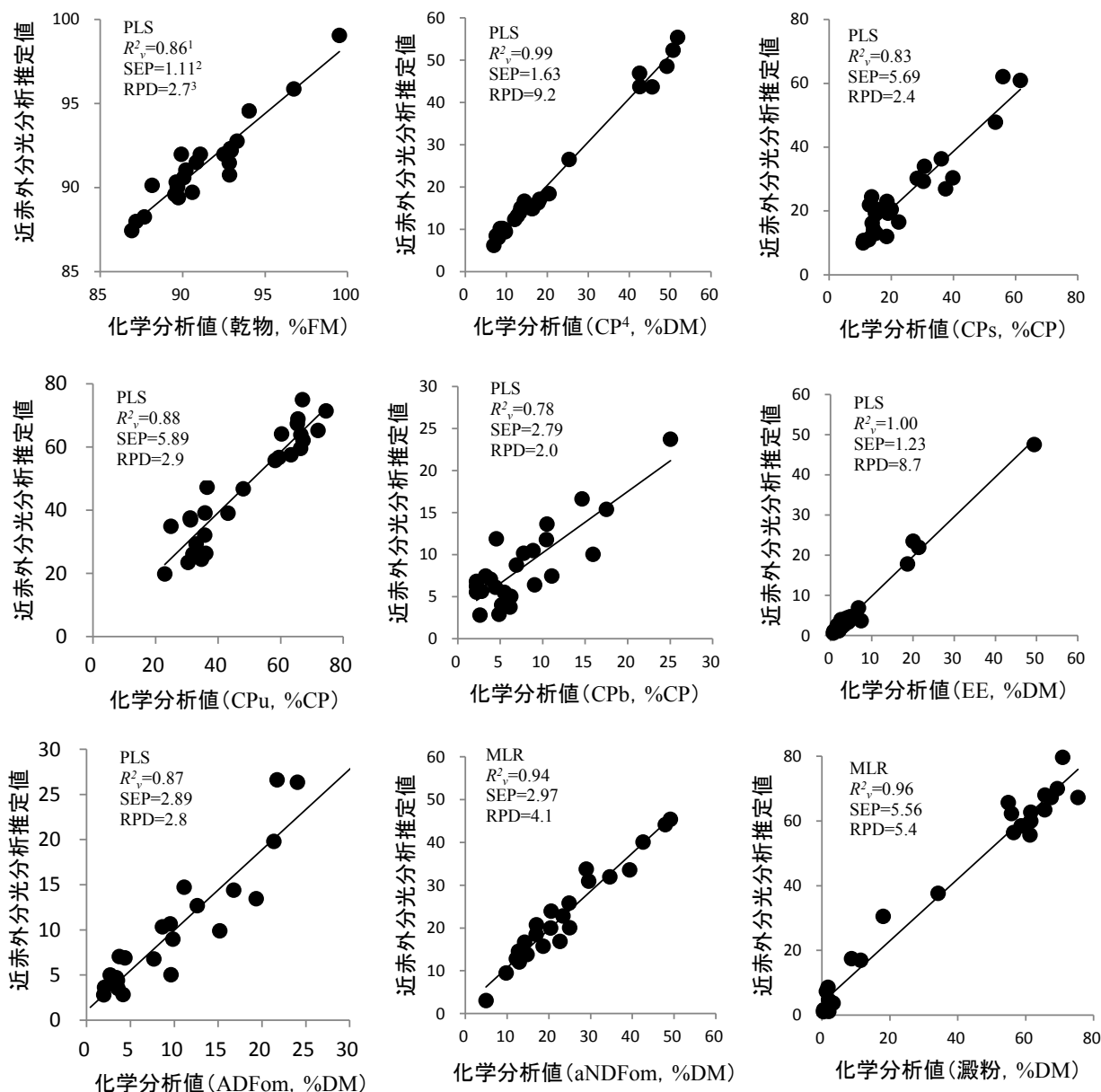


図1. 濃厚飼料の近赤外分光分析推定値と化学分析値との相関図

¹⁻⁴ 表1および表3参照

合音 (2320–2330nm)³⁾ に帰属する 2332nm が¹⁵⁾, トウモロコシサイレージではメチル (-CH₃) 第1倍音 (1770–1785nm)³⁾ に帰属する 1796nm が¹⁵⁾, また, アルファルファでは -CH₂ 第2倍音 (1200–1210nm)³⁾ に帰属する 1262nm が¹⁵⁾, それぞれ選択されている。本試験では 2130nm が第一波長に選択されたが, これはイネ WCS の場合と同様に CP 由来の -CONH₂ 結合音 (2140–2170nm)³⁾ に帰属していると考えられた。PLS 回帰分析では, 二次微分の前に標準正規確率変量 (SNV) 処理をすることで検量線の精度はより高まった。PLS 回帰分析

で求めた CPs 含量の R²_v 値, SEP 値および RPD 値は, 0.83, 5.69% および 2.4 であった (表3)。PLS 回帰分析で作成した検量線は 2.4 < RPD < 3.0 であるため, 準実用的な精度で推定できる可能性があるかと判定された (図1)。

(2) 非分解性タンパク質 (CPu)

MLR 分析で求めた CPu 含量の R²_v 値, SEP 値および RPD 値は, 0.71, 9.92% および 1.8 であった (表3)。粗飼料の CPu の MLR 分析において, 第一波長としてイネ科牧草サイレージでは 2170nm, イネ科牧草乾草では 2162nm が選択されており¹⁵⁾, これらは CP 由来

の $-\text{CONH}_2$ 結合音 (2140–2170nm)³⁾ に帰属していると考えられた。同様に、トウモロコシサイレージでは $-\text{CH}_3$ 第1倍音 (1710–1730nm)³⁾ に帰属する 1740nm が選択された。本試験では 1996nm が第一波長に選択され、これは CP 由来の第2級アミド ($-\text{CONH}-$) 結合音 (1990–2010nm)³⁾ に帰属していると考えられた。PLS 回帰分析では全波長を用いるよりも可視光域を除いた 1100–2500nm の波長域を用いた方が検量線の精度は高くなった。PLS 回帰分析で求めた CPu 含量の R^2_p 値, SEP 値および RPD 値は, 0.88, 5.89% および 2.9 であった (表4)。PLS 回帰分析で作成した検量線は $2.4 < \text{RPD} < 3.0$ であるため, 準実用的な精度で推定できる可能性があると判定された (図1)。

(3) 結合性タンパク質 (CPb)

MLR 分析で求めた CPb 含量の R^2_p 値, SEP 値および RPD 値は, 0.65, 3.78% および 1.5 であった (表3)。粗飼料の CPb の MLR 分析において, 第一波長としてイネ WCS では 1982nm が選択されており⁶⁾, これは CP 由来の第1級アミン ($-\text{NH}_2$) 結合音 (1970–2010nm)³⁾ に帰属していると考えられた。同様に, イネ科牧草サイレージでは $-\text{CONH}_2$ 結合音 (2140–2170nm)³⁾ に帰属する 2118nm が¹⁵⁾, トウモロコシサイレージでは $-\text{CONH}_2$ 第1倍音 (1510–1530nm)³⁾ に帰属する 1516nm が¹⁵⁾, イネ科牧草乾草とアルファルファではそれぞれ $-\text{CH}_2$ 第2倍音 (1200–1210nm)³⁾ に帰属する 1218nm, 1236nm が選択されている¹⁵⁾。本試験では 1908nm が第一波長に選択され, これは CP 由来の $-\text{CONH}-$ 第2倍音 (1910–1930nm)³⁾ に帰属していると考えられた。PLS 回帰分析は全波長を用いるよりも可視光域を除いた 1100–2500nm の波長域を用いた方が検量線の精度は高くなった。PLS 回帰分析で求めた CPb 含量の R^2_p 値, SEP 値および RPD 値は, 0.78, 2.79% および 2.0 であった (表4)。RPD < 2.3 であるため CPb 含量は実用的な分析精度で推定することは困難であると判定された (図1)。

4. 粗脂肪

MLR 分析で求めた EE 含量の R^2_p 値, SEP 値および RPD 値は, 0.99, 1.25% および 8.6 であった (表3)。MLR 分析では第一波長に 1724nm を選択しており, これは EE 由来の $-\text{CH}_2$ の第1倍音 (1735–1750nm)³⁾ に帰属すると考えられた。一方, PLS 回帰分析で求めた EE 含量の R^2_p 値, SEP 値および RPD 値は, 1.00, 1.23% および 8.7 であった (表4)。MLR 分析および PLS 回帰分析で作成した検量線はともに $8.1 < \text{RPD}$ であるため, 化学分析相当で極めて高い精度で推定できる可能性があ

ると判定された (図1)。

5. ADFom

MLR 分析で求めた ADFom 含量の R^2_p 値, SEP 値および RPD 値は, 0.78, 3.69% および 2.2 であった (表3)。甘利ら¹⁾ は牧草を用いた ADF の MLR 分析では第一波長に 2281nm を選択しており, セルロースの吸収に由来することを明らかにした。本試験では 1004nm が第一波長に選択され, これは既報¹⁾ と同様にセルロースの吸収を由来としており, $-\text{CH}_3$ の結合音 (1010–1020nm)³⁾ に帰属していると考えられた。一方, PLS 回帰分析で求めた ADFom 含量の R^2_p 値, SEP 値および RPD 値は, 0.87, 2.89% および 2.8 であった (表4)。PLS 回帰分析で作成した検量線は $2.4 < \text{RPD} < 3.0$ であるため, 準実用的な精度で推定できる可能性があると判定された (図1)。

6. aNDFom

MLR 分析で求めた aNDFom 含量の R^2_p 値, SEP 値および RPD 値は, 0.96, 2.97% および 4.1 であった (表3)。MLR 分析では第一波長に 1754nm を選択しており, これはセルロース由来のメチン ($-\text{CH}$) の第1倍音 (1755–1775nm)³⁾ に帰属すると考えられた。一方, PLS 回帰分析で求めた aNDF 含量の R^2_p 値, SEP 値および RPD 値は, 0.87, 4.46% および 2.7 であった (表4)。MLR 分析で作成した検量線は $3.1 < \text{RPD} < 4.9$ であるため, 実用的で高い精度で推定できる可能性があると判定された (図1)。

7. 澱粉

MLR 分析で求めた澱粉含量の R^2_p 値, SEP 値および RPD 値は, 0.96, 5.56% および 5.4 であった (表3)。MLR 分析では第一波長に 1776nm を選択しており, これは澱粉由来の $-\text{CH}$ の第1倍音 (1755–1775nm)³⁾ に帰属すると考えられた。一方, PLS 回帰分析で求めた澱粉含量の R^2_p 値, SEP 値および RPD 値は, 0.94, 7.14% および 4.2 であった (表4)。MLR 分析で作成した検量線は $5.0 < \text{RPD} < 6.4$ であるため, 実用的で非常に高い精度で推定できる可能性があると判定された (図1)。

8. 今後の課題

本試験ではいずれの飼料成分においても成分レンジが広がったので R^2_p 値と RPD 値は高い値を示したが, 各飼料種の SEP 値は日本標準飼料成分表⁹⁾ で示されている SD 値と比較して高いため, 必ずしも作成した検量線が高い精度を持つとはいえない。今後, 複数の試料数を

用いて本検量線の各飼料種への適合性を検討する必要がある。具体的にはプレディクションの残差（化学分析値と近赤外分光分析推定値との差）に極端なズレが生じてないか、また、各飼料種の SEP 値を日本標準飼料成分表⁹⁾に記載されている SD 値と比較し、極端なズレが生じてないか確認することにより、本試験で作成したユニバーサル検量線が有効なものであるか判断する必要がある。ユニバーサル検量線に関しては残差による補正が、めんつゆで行われている¹⁰⁾。このことは濃厚飼料についても当てはまる可能性がある。本試験で飼料成分別に残差を算出したところ、その値が大きい飼料種も見られた。今後、飼料種の個数を十分な量集め、残差平均を求め、それを飼料種固有の値とみなし補正することで、分析精度はより高められる可能性がある。また、CPb 含量の高い濃厚飼料を集めて成分レンジを広げ、CPb 含量を実用的な分析精度で推定できる検量線を作成することも必要である。

謝 辞

本試験を実施するにあたり、材料を提供していただいた畜産草地研究所の伊吹俊彦上席研究員、永西修上席研究員、樋口幹人主任研究員、玉置宏之主任研究員、松山裕城主任研究員、宮地慎主任研究員、松尾守展主任研究員、北海道農業研究センターの青木康浩主任研究員、九州沖縄農業研究センターの高井智之主任研究員、神谷充主任研究員、原貴洋主任研究員、大木信彦研究員に深くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 甘利雅弘・阿部亮・河野澄夫・趙来光 (1991). 近赤外スペクトルにおける粗飼料中の繊維性成分の吸収特性, 畜試研報, 51, 11-27.
- 2) 阿部亮 (2010). 牧草・飼料作物の栄養学 (1), 畜産の研究, 64, 787-791.
- 3) 尾崎幸洋・河田聡 (2008). 近赤外分光法 (日本分光学会編), 学会出版センター, 東京, 216-219.
- 4) 原田英雄・山本るみ子・大竹良知 (1998). 近赤外分光法 (NIRS) による濃厚飼料中の化学成分の測定及びそこにおけるスペクトル前処理の効果, 愛知県農総試研報, 251-256.
- 5) Hoffman, P.C., Brehm, N.M., Bauman, J.B. and

- Undersander, D.J. (1999). Prediction of laboratory and in situ protein fractions in legume and grass silages using near-infrared reflectance spectroscopy, J. Dairy Sci., 82, 764-770.
- 6) 平川達也・棟加登きみ子 (2008). 近赤外分析計を用いた飼料イネの飼料成分迅速推定法, 福岡農総試研報, 27, 81-85.
- 7) 自給飼料品質評価研究会編 (2009). 三訂版 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, 196p.
- 8) 増子孝義・花田正明・中辻浩喜 (2010). 乳牛栄養学の基礎と応用, デーリー・ジャパン社, 東京, 57-62.
- 9) 農業・食品産業技術総合研究機構編 (2009). 日本標準飼料成分表, 2009年版. 中央畜産会, 東京, 287p.
- 10) 篠部恭三・小早川知子・西山健治 (1995). 近赤外分光法のめんつゆ類品質管理への応用 (第1報) 単一検量線による全窒素, 食塩, アルコールの測定, 醬研 21, 1-6.
- 11) Van Soest, P.J. (1963). Use of detergents in the analysis of fibrous feeds, II, A rapid method for determination of fiber and lignin, J. Assoc. Off. Agric. Chem., 46, 829-835.
- 12) Van Soest, P.J. and Wine, R.H. (1967). Use of detergents in the analysis of fibrous feeds, IV, Determination of plant cell wall constituents, J. Assoc. Off. Agric. Chem., 50, 50-55.
- 13) Williams, P.C. (2001). Implementation of near-infrared technology, In: Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries, 2nd Edition (Eds Williams P.C. and Norris K.H.), American Association of Cereal Chemist Press, St. Paul, Minnesota, 145-169.
- 14) Xiccato, G., Trocino, A., De Boever, J.L., Maertens, L., Carabano, R., Pascual, J.J., Perez, J.M., Gidenne, T. and Falcao-E-Cunha, L. (2003). Prediction of chemical composition, nutritive value and ingredient composition of European compound feeds for rabbits by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS), Anim. Feed Sci., 104, 153-168.
- 15) 山本美加・土屋いづみ・元藤映了 (2000). 近赤外分析法によるタンパク質分画の検量線の作成, 石川畜総合研報, 34, 32-35.

The Feasibility of Near Infrared Reflectance Spectroscopy for the Analysis of Feed Composition of Concentrated Feed Used Feed Ingredients

Kentaro EGUCHI and Kazuhisa NONAKA

Animal Feeding and Management Research Division,
NARO Institute of Livestock and Grassland Science, Nasushiobara, 329-2793 Japan

Summary

In this study, we established the universal calibration equation for determining the feed composition of concentrated feed (corn grain, sorghum grain, oats grain, wheat grain, Job's tear grain, buckwheat grain, sesame grain, soy bean grain, unhulled rice, hulled rice, black waxy hulled rice, polished rice, corn crush, barley crush, soybean meal, rapeseed meal, wheat bran, barley bran, rice bran, beet pulp). The results showed that near-infrared reflectance (NIR) analysis enabled the rough prediction of the concentrations of dry matter (DM), crude protein degradable (CPd), crude protein undegradable (CPu), crude protein soluble (CPs), crude protein bound (CPb), crude protein (CP), ether extracts (EE), ADFom, aNDFom and starch, with computation of the validation correlation (R^2_v) and standard deviation/square error of prediction values (RPD). These values were determined to be as follows: DM, 0.86 and 2.7; CPu, 0.88 and 2.9; CPs, 0.83 and 2.4; CPb, 0.78 and 2.0; CP, 0.99 and 9.2; EE, 1.00 and 8.7; ADFom, 2.89 and 0.87; aNDFom, 0.94 and 4.1; starch, 0.96 and 5.4. These results in this study indicated that DM, CP, CPu, CPs, EE, ADFom, aNDFom and starch content in concentrated feed might be predicted by using near-infrared spectroscopy.

Key words: near-infrared spectroscopy, concentrated feed

飼料中カリウムおよびタンパク質を制御した泌乳牛の尿量低減化が尿石症を発症させる可能性

大谷文博・樋口浩二・小林洋介・野中最子^a

農研機構畜産草地研究所 家畜生理栄養研究領域, つくば市, 305-0901

要 約

飼料中カリウム (K) および粗タンパク質 (CP) 含量を減少させることによって、泌乳牛の尿量を低減化した場合に、リン酸マグネシウムあるいはリン酸マグネシウムアンモニウム尿石症が発症する可能性について検討した。高 K 高 CP 飼料 (HH 区)、低 K 高 CP 飼料 (LH 区) および低 K 低 CP 飼料 (LL 区) を給与した結果、それぞれ 14.5、9.7 および 6.6kg/日の尿量を観察した動物試験の泌乳牛から採取したスポット尿を用いて、尿石症診断検査および尿石形成に関わる成分の測定を行った。尿石症診断検査で陽性と判定された尿サンプル数は、各 8 サンプル中 HH 区が 1 サンプルであったのに対して、LH 区と LL 区ではそれぞれ 3 サンプルに増加した。LH 区および LL 区では、尿中マグネシウムおよび無機リン濃度に、尿量の減少を反映した上昇が観察され、尿中アンモニア濃度は尿量減少の程度を大きく上回って上昇した。しかし、尿 pH は HH 区で 8 以上のアルカリ値であったものが、LH 区および LL 区では、これらの尿石がほぼ形成されないと考えられる 7 以下の酸性値を示し、これは飼料 K 含量を減少させたことにより、飼料陽イオン陰イオン差が低下したためと考えられた。以上の結果から、飼料 K 含量を十分に低下させて泌乳牛の尿量低減化を行えば、尿量が減少しても尿石症が発症する可能性は低いと結論された。

キーワード：泌乳牛、カリウム、タンパク質、尿量低減化、尿石症

緒 言

泌乳牛の尿量を低減することは、酪農家が処理せざるを得ない排せつ物の総量が減少するだけでなく、悪臭発生や牛体汚染の原因となる畜舎床面の泥濘化を防ぎ、さらに、糞尿を堆肥化して利用する際の固液分離システムの設置や水分調整材などのコスト負担を軽減する。カリウム (K) および窒素 (N) はナトリウム (Na) とともに、乳牛の尿量を決定する主要な栄養素要因であり、これらの栄養素を制御した栄養管理は、泌乳牛に非生理的な負荷を与えずに、尿量を減少させる手段として有効であると考えられ、著者らはこれまでに、飼料 K 含量の低減^{25,26)}、飼料粗タンパク質 (CP) 含量の低減^{26,27)}、第一胃分解性の低いタンパク質飼料の利用²⁷⁾ あるいは

飼料への易発酵性炭水化物の添加²⁴⁾ によって、乳生産を低下させずに泌乳牛の尿量を低減できることを、水分出納試験を実施して確認した。特に、給与飼料中の K 含量を 1.75% から 0.93% に低減し、同時に CP 含量を 18.1% から 13.5% に低減した試験では、供試した泌乳牛の尿量に、14.5kg/日から 6.6kg/日への大幅な減少が観察された²⁶⁾。

それらの試験において、実施した尿量低減化処理が、泌乳牛の生産性や採食性に悪影響を与えないことは確認された。しかし、尿量の減少は牛が尿石症を発症する際の大きな要因の一つとされている^{20,37)}。牛の尿石症は肉用牛で発症することが圧倒的に多く、乳牛の雌の発症例は少ない²³⁾。これは泌乳牛の尿量が肉用牛よりも圧倒的に多いことが、その理由の一つと考えられる。しか

し、上述のKとCPを同時に低減した飼料を給与した試験²⁶⁾で観察された泌乳牛の尿量は、肉用牛の尿量目安とされる7kg/日³⁾を下回る量であり、尿石症発症の可能性も無視できない尿量水準であったと思われる。たとえ泌乳牛の尿量を大きく減少させる栄養管理手法を実現できても、それが泌乳牛に尿石症を発症させるものであるならば、酪農現場へ普及できる技術とはならない。従って、栄養管理による泌乳牛の尿量低減化技術の開発においては、生産性や採食性への影響のみならず、尿石症発症の可能性についても確認しておく必要がある。牛に発症する尿石症で形成される尿石のほとんどは、リン酸マグネシウムもしくはリン酸マグネシウムアンモニウムを主たる成分とすることが報告されている^{18,20,37)}。そこで本研究では、KおよびNを制御した泌乳牛の尿量低減化処理によって、これらの尿石症が発症する可能性について検討を行った。

材料および方法

本研究では、既に報告したKとCPを低減した飼料を給与して水分出納を調べた動物実験²⁶⁾において採取し

たスポット尿をサンプルとして使用し、尿石症診断検査およびリン酸マグネシウム系の尿石を構成する成分等の分析を行った。動物実験の方法については既報²⁶⁾に詳述したが、概略は以下のとおりである。泌乳後期のホルスタイン種泌乳牛4頭を用いて、1期21日間で3期3牛群(4頭の内2頭を同期同一処理)に3飼料処理区を割り付ける3×3ラテン方格法によって給与試験を行い、各期間中に5日間の出納試験を実施した。3つの飼料処理区は高K高CP飼料区(HH区、K含量およびCP含量がそれぞれ1.75%および18.1%)、低K高CP飼料区(LH区、同0.94%および17.6%)および低K低CP飼料区(LL区、同0.93%および13.5%)であり、その飼料構成および化学組成は表1のとおりである。飼料はTDN充足率が概ね100%となる定量を、1日2回に分けて朝夕の搾乳(8:30および18:00)終了後に給与し、水はウォーターカップから自由に飲水させた。出納試験期間中は飲水量、乳量、糞量および尿量を毎日測定し、また糞、尿および乳サンプルも毎日採取して水分含量を測定し、それらの測定値から水分出納を求めた。

この動物試験の各試験期の出納試験が終了した7日後に、朝の搾乳前(給飼前サンプル)および給飼の概ね4

Table 1. Ingredient and chemical composition of the experimental diets (% DM)

Ingredient	Diets ¹		
	HH	LH	LL
Italian ryegrass silage	45.0	—	—
Corn silage	—	50.0	50.0
Alfalfa hay cube	15.1	10.1	10.1
Corn	11.7	4.9	4.9
Barley	12.3	8.9	9.4
Soybean meal	13.5	2.1	2.0
Brewer's grains	—	10.1	9.1
Corn gluten meal	—	6.1	2.0
Potato starch	—	5.0	9.6
Vegetable oil calcium soap	1.5	1.0	1.0
Urea	—	0.5	0.5
Vitamin-Mineral mixture	0.9	1.4	1.4
Chemical composition			
DM (% FM)	76.2	46.1	46.0
OM	92.0	93.6	93.8
CP	18.1	17.6	13.5
aNDFom	46.8	39.9	38.8
K	1.75	0.94	0.93
Na	0.27	0.19	0.20

¹ HH = high K high CP diet, LH = low K high CP diet, LL = low K low CP diet

DM : dry matter, FM : fresh matter, OM : organic matter, CP : crude protein,

aNDFom : ash-free neutral detergent fiber

時間後（給飼後サンプル）の2回、マッサージ法により陰門下部を刺激してスポット尿を採取した。採取したスポット尿は四重ガーゼでろ過した後、一部は直ちにpHとアンモニア濃度を測定し、残りは-25℃で凍結保存して、後日解凍後、尿石症診断検査とマグネシウム、無機リンおよびクレアチニン濃度を分析した。尿pHはpHメーター（F-22, 堀場製作所）で測定し、尿中アンモニア、マグネシウム、無機リンおよびクレアチニン濃度は、市販キット（それぞれアンモニアテストワコー、マグネシウムBテストワコー、ホスファCテストワコーおよびクレアチニンテストワコー、和光純薬）を用いて分析を行った。

尿石症診断検査はMunakataら¹⁹⁾に従って実施した。この方法は、尿サンプルに同量の1Mアンモニア水を加えて強制的にアルカリ化させ、生成する沈殿の量を同様に処理した3濃度の標準液の沈殿と比較することによって、尿石症発生の危険性を診断するというものである。3つの標準液は塩化マグネシウムとリン酸二水素ナトリウムをそれぞれ、標準液Aは0.0125Mと0.025M、標準液Bは0.025Mと0.05M、標準液Cは0.05Mと0.1Mの濃度で等量混和した溶液であり、尿サンプルの尿石症診断は、沈殿がない場合は-、標準Aの沈殿以下の量は+、標準AとCの沈殿の間の量は++、標準Cの沈殿以上の量は+++の4段階で判定される。

尿pHおよび各尿中成分濃度の統計処理は、SASのGLMプロシジャ³⁰⁾によって行い、データは最小二乗平均値と標準誤差で記載した。分散分析で飼料処理に有意な効果が検出された場合には、ボンフェローニの方法に

より最小二乗平均値の多重比較検定を行った。有意水準は危険率5%未満とした。

結 果

動物実験の結果は既報²⁶⁾に記載したとおりであるが、尿量についてはHH区の14.5kg/日から、LH区はそれより約3割少ない9.7kg/日、さらにLL区はHH区の半分以下の6.6kg/日へと、両飼料処理区ともにHH区に対して有意な減少が観察された。また、LH区に対するLL区の尿量の減少は、統計的に傾向のある変化であった(P=0.070)。なお、LHおよびLL両区は、糞尿合計の水分排せつ量と水分総摂取量もHH区より有意に減少したが、乳中水分排せつ量と見かけの水分保持量に有意な変化は認められなかった。

各尿サンプルの尿石症診断検査の結果を表2にまとめた。また、検査において給飼前サンプルがLH区で+、LL区で++と判定された乳牛No.690の尿サンプルで検出された沈殿と、比較に用いた標準液の沈殿の様子を記録した写真を図1に示した。HH区では8サンプル中7つは-判定であり、1サンプルのみ+と判定された。一方、LH区では+の判定が3サンプルに増加し、LL区では+判定の2サンプルに加え、図1に示したような++と判定されるサンプルが確認された。

各飼料処理区における給飼前および給飼後に採取された尿サンプル中のマグネシウム、無機リン、アンモニアおよびクレアチニン濃度を図2に示した。いずれの尿中成分濃度も、HH区よりもLHおよびLL区の方が高く

Table 2. Results of urolithiasis diagnostic test for the urine samples taken from cows before and after feeding of experimental diets

Cow No.	Sample ²	Diets ¹		
		HH	LH	LL
690	BF	-	-	-
	AF	-	+	++
715	BF	-	-	-
	AF	-	-	-
724	BF	+	+	+
	AF	-	-	-
730	BF	-	+	-
	AF	-	-	+

Grade of sediments (- : no sediments, + : same or smaller than standard A, ++ : between standard A and C).

¹ HH = high K high CP diet, LH = low K high CP diet, LL = low K low CP diet

² BF = before feeding, AF = after feeding

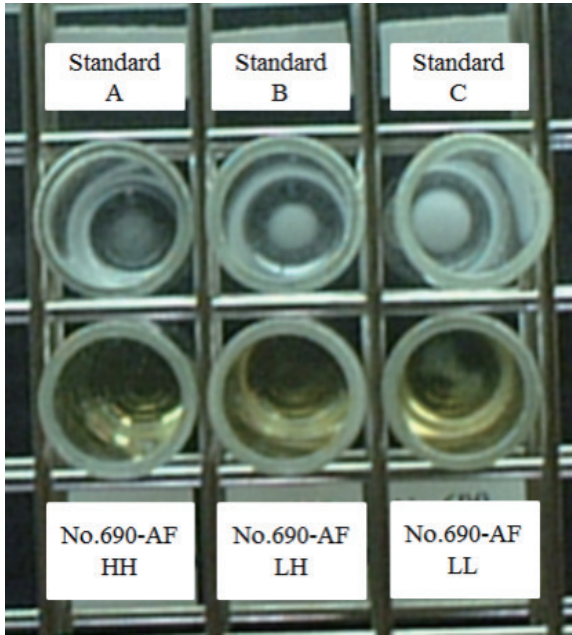


Fig. 1. Sediments of standards (A, B, C) and urine samples taken from cow No.690 after feeding of experimental diets (HH, LH, LL) in urolithiasis diagnostic test. Standards (A = 0.0125M $MgCl_2$ + 0.025M NaH_2PO_4 , B = 0.025M $MgCl_2$ + 0.05M NaH_2PO_4 , C = 0.05M $MgCl_2$ + 0.1M NaH_2PO_4). Experimental diets (HH = high K high CP diet, LH = low K high CP diet, LL = low K low CP diet).

なる傾向にあった。LH 区と LL 区のマグネシウム濃度は、HH 区と比べて 1.2 ~ 2.0 倍高い値を示し、このうち LH 区の給飼前サンプルと LL 区の給飼後サンプルの値は、HH 区よりも統計的に有意に高かった。無機リン濃度で HH 区と比較して有意な上昇を示したのは、LH 区の給飼前サンプルだけであったが、数値的には LH および LL 区のいずれの無機リン濃度も HH 区を上回っていた。アンモニア濃度は HH 区の給飼前および給飼後にそれぞれ 1.1 および 2.2mgN/dl と非常に低値であったものが、LH 区ではそれぞれ 77.2 および 62.4mgN/dl、LL 区ではそれぞれ 19.4 および 31.8mgN/dl と大きく上昇し、HH 区に対する LH 区の濃度上昇は統計的に有意であった。クレアチニン濃度は飼料処理によってマグネシウム濃度とほぼ同様の变化を示し、LH 区と LL 区の濃度が HH 区よりも概ね 1.3 ~ 1.7 倍高く、やはり LH 区の給飼前と LL 区の給飼後の値には、HH 区に対する有意差が認められた。

各飼料処理区において観察された尿 pH の値を表 3 に示した。HH 区の尿は給飼前も給飼後も pH8 以上のアルカリ尿であった。これに対して、LH 区および LL 区では、

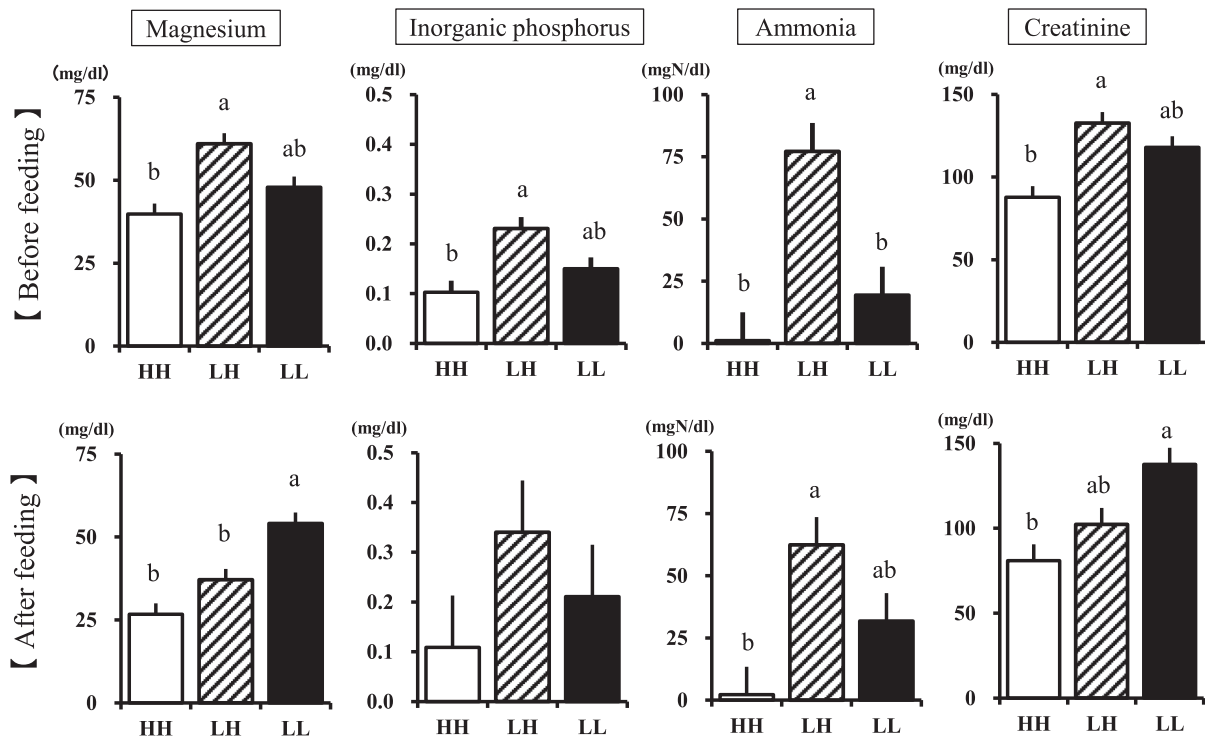


Fig. 2. Urinary constituent concentration of cows before and after feeding of experimental diets. Experimental diets (HH = high K high CP diet, LH = low K high CP diet, LL = low K low CP diet). ^{a,b} Means with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

Table 3. Urine pH of cows before and after feeding of experimental diets

	Diets ¹			SE
	HH	LH	LL	
Before feeding	8.23 ^a	6.42 ^b	6.37 ^b	0.10
After feeding	8.12 ^a	6.07 ^b	6.55 ^b	0.23

^{a,b} Means in a row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

¹ HH = high K high CP diet, LH = low K high CP diet, LL = low K low CP diet

給飼前および給飼後のどちらの尿 pH も 7 以下の酸性値を示し、最も低値を示した LH 区の給飼後の尿 pH は 6.07 まで低下した。また、これらの LH 区あるいは LL 区と HH 区との間で観察された尿 pH の違いは、いずれも統計的に有意であった。

考 察

本研究で尿石症診断検査に用いた方法は、尿中沈殿物を直接測定して検査する直視沈殿法¹⁸⁾を改良し、アンモニア水の添加により尿サンプルの pH とアンモニア濃度を強制的に上昇させることで、主にリン酸マグネシウムアンモニウムから成る結晶の形成を促し、その沈殿の状態から尿石症発症の可能性を迅速に診断できるようにしたものであり、その診断結果は直視沈殿法とほぼ一致することが確認されている¹⁹⁾。尿石症診断検査の結果は、尿量の多い HH 区の尿サンプルでは陽性の + 判定が 1 点のみであったのに対して、尿量が減少した LH 区と LL 区では陽性と判定されたサンプルが各 3 点に増加し、さらに LL 区ではうち 1 点が ++ と判定された。Ikeda ら¹²⁾が 93 点の泌乳牛の尿サンプルについて直視沈殿法を用いて実施した調査では、陽性 (+) と判定されたサンプルは 2 点のみであり、陽性率は約 2% であった。それと比較すれば、限られたサンプル数の検査ではあったものの、本研究の 8 サンプル中 3 サンプルが陽性判定という結果は、かなり多い数であったと言える。従って、診断検査の結果からは、LH 区と LL 区では強制的に上昇させた pH とアンモニアを除く尿の性状が、HH 区よりも尿石が形成されやすい状態になっていたものと判断された。

尿石症診断検査の結果を裏付けるように、LH 区と LL 区で尿石構成成分の尿中濃度の上昇が観察された。マグネシウム濃度の飼料処理間の変動は、クレアチニン濃度の変動とほぼ一致していた。クレアチニンは筋肉のクレアチンリン酸の分解から生じ、ほぼ一定に尿中に排せつ

されることから、泌乳牛でも尿量の推定や他の尿中成分の排せつ状態を調べるための指標として使われる^{4,6,36)}。体重（筋肉量）に変化のない同一個体であれば、尿中クレアチニン濃度は尿量の変化を反映し、尿量が減少した場合には、それに応じてクレアチニン濃度が上昇する。従って、クレアチニン濃度と同様の変化を示した LH 区と LL 区のマグネシウム濃度の上昇は、両区における尿量の減少に起因したものと考えられる。

尿中無機リン濃度は総じて低水準であった。Manston ら¹⁵⁾も、調査した泌乳牛の尿中無機リン濃度のほとんどが、1mg/dl 以下であったと報告している。濃厚飼料を多給する肉牛と比べ、泌乳牛の給与飼料中のリン含量は比較的少なく、さらに、リンは唾液経由で消化管にリサイクルされるので³²⁾、物理性の高い粗飼料を摂取して唾液分泌量の多い泌乳牛では、リンのリサイクル量も多いため、尿中へ排せつされるリンは少ないと考えられる。反すう家畜では尿石形成と尿中リン濃度との相関が高いとの指摘もされており⁹⁾、通常の飼養条件でそれが低水準にあることは、泌乳牛で尿石症の発症が少ない理由の一つとも考えられる。それでも、尿量が減少した LH 区と LL 区の尿中無機リン濃度は、HH 区よりも高い値を示した。この濃度上昇の飼料処理間の変動パターンは、クレアチニン濃度の変動とは必ずしも一致しなかったが、これは LH 区の給与飼料中のリン含量が、他の飼料区よりもやや高かったことが影響しているのかもしれない（設計値で HH, LH, LL 区がそれぞれ 0.47, 0.49, 0.47% DM）。しかし、HH 区に対する LH 区と LL 区の無機リン濃度の上昇の程度は、クレアチニン濃度の上昇の程度と大きく違わないものであり、これらの無機リン濃度上昇に尿量の減少が寄与していたことは間違いないと思われる。

これらのマグネシウム濃度と無機リン濃度の飼料処理による変化と比べ、アンモニア濃度の飼料処理間の変動は極端であり、LH 区と LL 区のアンモニア濃度はいずれも HH 区よりも桁違いに上昇し、特に LH 区の尿中ア

ンモニア濃度は高かった。これは両飼料区における尿量減少の影響以上に、表3に示された両飼料区における尿pHの低下がもたらした結果と推測される。すなわち、アンモニアは水素イオンの尿中への排せつを担う最も重要なキャリアーであり、体液が酸性化して尿中への水素イオンの排せつ量が増えると、それに応じて尿中へのアンモニアの排せつが増加し、尿中濃度が上昇することが知られており^{7,11,31}、アルカリ尿のHH区ではほとんど排せつされていなかったアンモニアが、酸性尿となったLH区とLL区では大量に排せつされたものと考えられる。一方、低タンパク質飼料を給与したLL区の尿中アンモニア濃度はLH区よりも低かったが、酸性尿で排せつされるアンモニアは、腎組織におけるグルタミンやグルタミン酸の分解を起源とするものなので¹⁶、低タンパク質飼料給与によるLL区の尿中N排せつ量の減少²⁶が、その直接の原因ではない。消化吸収されたタンパク質に含まれる硫黄(S)やリンは体液を酸性化することが知られており³⁴、タンパク質摂取量の少ないLL区では、Sやリンによる体液の酸性化効果が低下し、水素イオンの排せつ量が減少して、それがアンモニア濃度に反映された可能性も推測されるが、LH区とLL区の尿pHを見てみると、給飼後サンプルのpHはその推測と相応した関係にあったものの、給飼前サンプルの尿pHは両区でほぼ同水準であった。従って、タンパク質給与水準と尿中アンモニア濃度との関係については、さらに検討する必要がある。

上述のとおりLH区とLL区では、尿pHが大きく低下して酸性尿となっていた。リン酸マグネシウムあるいはリン酸マグネシウムアンモニウムの結晶形成には、尿pHが特に重要な影響を及ぼし、Munakataら¹⁹の診断検査法に应用されているように、これらの尿石はアルカリ尿において結晶化が促進される^{8,28}。一方、酸性尿ではこれらの尿石の形成は著しく抑制され、尿pHを6.5以下にすれば、形成されたリン酸マグネシウムアンモニウム尿石も溶解することができると言われる¹³。従って、尿量が減少したLH区およびLL区の尿性状は、尿石構成成分濃度が上昇し、さらに、尿石診断検査で結石が形成されやすい状態にあったと判断されたものの、pHが明らかにこれら成分の結晶化を生じさせない水準にあったことから、両飼料区の乳牛に尿石症が発症する可能性は極めて低かったと考えられた。

Kumeら¹⁴は乾乳牛のK摂取量と尿pHとの間に、高い正の相関があることを観察している。乳牛の尿pHは、 $(K + Na - Cl - S)mEq/kgDM$ で表される飼料陽イオン陰イオン差(DCAD)に応じて変動することが広く知

られており^{1,17,33,35}、飼料K含量の減少はこのDCADを低下させる。尿pHとDCADとの間には二次曲線^{5,10}あるいはロジスティック曲線²的な関係があると報告されており、その関係からDCADが概ね50mEq/kgDM以下に低下した場合に、乳牛の尿は酸性化する可能性が高いと推測される。本研究の動物実験²⁶では試験飼料のClとS含量が測定されなかったため、日本標準飼料成分表²²およびNRC乳牛飼養標準²¹を参照したClおよびS含量と、動物試験で分析されたKおよびNa含量から、各試験飼料のDCADを推定してみた。ただし、馬鈴薯デンプンについては信頼できるClおよびS含量の情報がなく、また、灰分、KおよびNaの含量がそれぞれ0.44、0.06および0.02%DMとわずかであり、DCADに対する寄与は小さいものと判断して計算から除外した。その結果、HH区、LH区およびLL区の試験飼料のおおよそのDCADは、それぞれ136、-24および1mEq/kgDMと算出された。すなわち、LH区とLL区では、尿が酸性化するレベルまでDCADが低下していたものと推定され、もちろんその低下は飼料K含量の減少によってもたらされたものであった。

このようにLH区とLL区の試験飼料では、尿量低減化のためのK含量の低減が、尿pHを酸性化させる領域までDCADを低下させたが、尿pHとDCADの二次曲線的^{5,10}あるいはロジスティック曲線的²な関係から、比較的高いDCADの領域では、かなり大きくDCADが変動しても、尿pHはあまり大きく変化しないことも想定される。実際に、飼料K含量を3.1%DMから1.5%DMへ¹あるいは3.3%DMから1.3%DMへ²⁹低下させた飼料を給与しても、尿pHはわずかしこ低下せずに、8.0以上のアルカリ尿が維持された例も報告されている。従って、飼料K含量の低減による尿量低減化において、尿量の減少による尿石症発症の懸念を無くせるような尿pHとするためには、DCADが概ね50mEq/kgDM以下となる水準まで、飼料K含量を低下させる必要があると思われる。また、LL区では、尿量低減化のために飼料CP含量を減少させたが、同時にK含量も低水準としたために、尿石症発症の懸念のない酸性尿となった。しかし、上述したとおり、タンパク質給与量の減少は、尿pHの上昇をまねく可能性があり³⁴、飼料CP含量の低減のみで泌乳牛の尿量を減少させた場合、本研究の尿石診断検査の結果通りに、尿石症発症の危険性が高まることも考えられる。従って、飼料CP含量を低減させて泌乳牛の尿量低減化を図る際には、尿量減少による尿石症発症の危険性を軽減するために、同時に飼料K含量も低減することを考慮する必要があるかもしれない。

引用文献

- 1) Bhanugopan, M.S., Fulkerson, W.J., Fraser, D.R., Hyde, M. and McNeill, D.M. (2010). Carryover effects of potassium supplementation on calcium homeostasis in dairy cows at parturition, *J. Dairy Sci.*, 93, 2119–2129.
- 2) Charbonneau, E., Pellerin, D. and Oetzel, G.R. (2004). Effect of lowered prepartum DCAD on urinary pH: A meta-analysis, *J. Dairy Sci.*, 87 (Suppl.1), 441.
- 3) 畜産環境整備機構 (1998). 家畜ふん尿処理・利用の手引き, 3–5.
- 4) Chizzotti, M.L., Valadares Filho, S.C., Valadares, R.F.D., Chizzotti, F.H.M and Tedeschi, L.O. (2008). Determination of creatinine excretion and evaluation of spot urine sampling in Holstein cattle, *Livest. Sci.*, 113, 218–225.
- 5) DeGaris, P.J. and Lean, I.J. (2009). Milk fever in dairy cows: A review of pathophysiology and control principles, *Vet. J.*, 176, 58–69.
- 6) Dewhurst, R.J., Mitton, A.M., Offer, N.W. and Thomas, C. (1996). Effects of the composition of grass silages on milk production and nitrogen utilization by dairy cows, *Anim. Sci.*, 62, 25–34.
- 7) Erdman, R.A., Hemken, R.W. and Bull, L.S. (1982). Dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide for early postpartum lactating dairy cows: Effects on production, acid-base metabolism, and digestion, *J. Dairy Sci.*, 65, 712–731.
- 8) 舟場正幸・阿部又信 (2002). 連載講座：イヌ・ネコの臨床栄養 (6) 尿石症, *ペット栄養会誌*, 5, 26–37.
- 9) Godwin, I.R. and Williams, V.J. (1982). Urinary calculi formation in sheep on high wheat grain diets, *Aust. J. Agric. Res.*, 33, 843–855.
- 10) Hu, W. and Murphy, M.R. (2004). Dietary cation-anion difference effects on performance and acid-base status of lactating dairy cows: A meta-analysis, *J. Dairy Sci.*, 87, 2222–2229.
- 11) 飯野靖彦 (2001). 酸塩基平衡, *日腎会誌*, 43, 621–630.
- 12) Ikeda, K., Munakata, K. and Suda, H. (1974). Relationship between urinary sediments and the urolithiasis syndrome in cattle, *Nat. Inst. Anim. Hlth. Quart.*, 14, 33–34.
- 13) Kienzle, E. and Wilms-Eilers, S. (1994). Struvite diet in cats: Effect of ammonium chloride and carbonates on acid base balance of cats, *J. Nutr.*, 124, 2652S–2659S.
- 14) Kume, S., Sato, T., Murai, I., Kitagawa, M., Nonaka, K. and Oshita, T. (2011). Relationships between urine pH and electrolyte status in cows fed forages, *Anim. Sci. J.*, 82, 456–460.
- 15) Manston, R. and Vagg, M.J. (1970). Urinary phosphate excretion in the dairy cow, *J. Agric. Sci.*, 74, 161–167.
- 16) 松田浩二郎・市岡正道・東建彦・林秀生・菅野富雄・中村嘉男・佐藤昭雄 共訳 (1986). 原書 12 版 医科生理学展望, 丸善, 東京, 646–647.
- 17) 松井義貴・小倉紀美・川本哲 (2007). 陰イオン塩剤の添加が泌乳牛の乾物摂取量, 血液および尿に及ぼす影響, *道畜試研報*, 26, 1–7.
- 18) Munakata, K., Ikeda, K., Tanaka, K. and Suda, H. (1974). Urolithiasis syndrome of beef cattle in japan, *Nat. Inst. Anim. Hlth. Quart.*, 14, 17–28.
- 19) Munakata, K., Ikeda, K. and Suda, H. (1974). A new diagnostic method of the urolithiasis syndrome of cattle, *Nat. Inst. Anim. Hlth. Quart.*, 14, 89–96.
- 20) 宗形光蔵 (1976). 牛の尿石症, *日獣会誌*, 29, 253–257.
- 21) National Research Council (2001). Nutrient requirements of dairy cattle. 7th. ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- 22) 農業・食品産業技術総合研究機構編 (2009). 日本標準飼料成分表 (2009 年版), 中央畜産会, 東京.
- 23) 農林水産省経営局 (2014). 平成 24 年度家畜共済統計表.
- 24) 大谷文博・田鎖直澄・上野孝志 (2001). 飼料への易発酵性炭水化物の添加が乳牛の糞尿窒素排泄量に及ぼす影響, *日畜会報*, 72, J239–J246.
- 25) 大谷文博・田鎖直澄・甘利雅弘・小笠原俊介・森田総一郎・松浦庄司・鈴木知之・栗原光規・樋口浩二・野中最子 (2010). 低カリウム飼料の給与が泌乳牛の尿量低減化に及ぼす影響, *畜草研研報*, 10, 1–8.
- 26) 大谷文博・樋口浩二・小林洋介・野中最子・矢用健一・須藤まどか (2013). カリウムと窒素の同時制御による泌乳牛の尿量低減化, *畜草研研報*, 13, 41–52.
- 27) 大谷文博・樋口浩二・小林洋介・野中最子 (2014). 飼料タンパク質の給与水準と第一胃分解性の違いが泌乳牛の尿量に及ぼす効果, *畜草研研報*, 14, 23–35.
- 28) 奥村亮子・木戸口勝彰・村上満喜子・佐藤敦・三浦潔・瀬川俊夫・小野泰司 (2006). 牛尿石症の発生要因の解析ならびにビタミン A 欠乏症との関連, *岩獣会報*, 32, 4–8.

- 29) Rérat, M., Philipp, A., Hess, H.D. and Liesegang, A. (2009). Effect of different potassium levels in hay on acid-base status and mineral balance in periparturient dairy cows, *J. Dairy Sci.*, 92, 6123–6133.
- 30) SAS Institute (2008). SAS/STAT 9.2 User's Guide: The GLM Procedure (Book Excerpt). SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- 31) Scott, D. (1969). Renal excretion of potassium and acid by sheep, *Q. J. Exp. Physiol.*, 54, 412–422.
- 32) Scott, D. and Buchan, W. (1985). The effects of feeding either roughage or concentrate diets on salivary phosphorus secretion, net intestinal phosphorus absorption and urinary phosphorus excretion in the sheep, *Quart. J. Exp. Physiol.*, 70, 365–375.
- 33) Seifi, H.A., Mohri, M., Farzaneh, N., Nemati, H. and Nejhad, S.V. (2010). Effects of anionic salts supplementation on blood pH and mineral status, energy metabolism, reproduction and production in transition dairy cows, *Res. Vet. Sci.*, 89, 72–77.
- 34) 鈴木達也・牧小伝太・後藤健・舟場正幸・入来常德・波多野義一・阿部又信 (2001). ネコにおける高蛋白食給与が尿中ストルバイト結晶数ならびに尿不溶性有機成分濃度に及ぼす影響, *ペット栄養会誌*, 4, 7–12.
- 35) Vagnoni, D.B. and Oetzel, G.R. (1998). Effects of dietary cation-anion difference on the acid-base status of dry cows, *J. Dairy Sci.*, 81, 1643–1652.
- 36) Valadares, R.F.D., Broderick, G.A., Valadares Filho, S.C., and Clayton, M.K. (1999). Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives, *J. Dairy Sci.*, 82, 2686–2696.
- 37) 矢野秀雄 (1987). 新乳牛の科学 (津田恒之監修・柴田章夫編), 農文協, 東京, 384–390.

The Possibility to Develop Urolithiasis in Lactating Dairy Cows Reduced Urine Volume by Controlling Dietary Potassium and Protein

Fumihiro OHTANI, Kouji HIGUCHI, Yousuke KOBAYASHI and Itoko NONAKA^a

Animal Physiology and Nutrition Research Division,
NARO Institute of Livestock and Grassland Science, Tsukuba, 305-0901 Japan

Summary

The possibility to develop magnesium phosphate or ammonium magnesium phosphate urolithiasis in lactating dairy cows whose urine volume were reduced by decreasing dietary potassium (K) and crude protein (CP) contents was examined. The urolithiasis diagnostic test and the measurement of urinary components involved with calculus formation were carried out using the spot urine from lactating dairy cows whose urine volume were observed as 14.5, 9.7 and 6.6kg/day when high K high CP diet (HH diet), low K high CP diet (LH diet) and low K low CP diet (LL diet), respectively, were fed in feeding trials. One of eight samples in HH diet was judged to be positive by the urolithiasis diagnostic test, whereas positive samples increased to three of eight samples both in LH and LL diets. In LH diet and LL diet, urinary magnesium and inorganic phosphorus concentration showed increase reflecting reduction of urine volume, and urinary ammonia concentration increased far exceeding degree of reduction in urine volume. Although urine in HH diet was alkaline of pH more than 8, urine in LH and LL diets were acidity of pH less than 7 at which it was known that these calculi would be hardly formed, and this was due to the decreased dietary cation-anion difference with decreasing dietary K content. It was concluded that as long as dietary K content could be reduced substantially in the nutritional management intended to decrease urine of lactating dairy cows, the possibility to develop urolithiasis would be low, even if urine volume decreased.

Key words: lactating dairy cows, potassium, protein, urine volume reduction, urolithiasis

^a Present address: NARO Kyushu Okinawa Agricultural Research Center, Koshi, 861-1192 Japan

© 2015 NARO Institute of Livestock and Grassland Science

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced without the permission of the copyright holder.

Published by Institute of Livestock and Grassland Science,
National Agriculture and Food Research Organization (NARO)
Ikenodai 2, Tsukuba, Ibaraki 305-0901 Japan

編集委員会事務局

企画管理部情報広報課

新谷 成正

飛鳥井可奈子

那須企画管理室連絡調整チーム

和田 努

本研究報告から転載、複製を行う場合は、農研機構畜産草地研究所の許可を得て下さい。

※農研機構は、独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（略称）です。

平成 27 年 3 月 印刷

平成 27 年 3 月 発行

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

畜産草地研究所

〒305-0901 茨城県つくば市池の台2

TEL 029-838-8600(代)

FAX 029-838-8606

印刷所 筑波印刷情報サービスセンター協同組合

畜産草地研究所研究報告及び畜産草地研究所研究資料投稿要領

13畜草B第43号
平成13年4月1日

(目的)

第1条 畜産草地研究所研究報告及び畜産草地研究所研究資料への投稿については、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構刊行物著作権取扱規程(14規程56号)に定めるもののほかこの要領の定めるところによる。

(投稿者の資格)

第2条 投稿者は原則として、畜産草地研究所職員(以下「職員」という。)及び流動研究員、依頼研究員、日本学術振興会特別研究員、日本学術振興会外国人特別研究員等(以下「他の職員」という。)とする。

- 一 職員が投稿する内容は、主として畜産草地研究所(以下「研究所」という。)で行った研究とする。
- 二 他の職員が投稿する内容は、研究所で行った研究とする。

(投稿原稿の内容)

第3条 投稿原稿の内容は次のとおりとする。

- 1 畜産草地研究所研究報告(Bulletin of NARO Institute of Livestock and Grassland Science / 略誌名: Bull NARO Inst Livest Grassl Sci)
 - 一 原著論文: 研究所において行った試験研究及び研究所以外の者に委託して行った試験研究の成果に関わる論文とする。
 - 二 短報: 一以外の研究の予報、速報などの短報とする。
 - 三 技術論文: 新しい技術や技術の組立、実証などを主体とする報告。
 - 四 総説: 畜産草地研究に関わるものとする。総説は投稿のほか、編集委員会が依頼したものを含む。
 - 五 学位取得論文: 研究所において主として行った試験研究による学位取得論文とする。
- 2 畜産草地研究所研究資料(Memoirs of NARO Institute of Livestock and Grassland Science / 略誌名: Mem NARO Inst Livest Grassl Sci)
調査資料・技術資料・研究資料: 研究所において行った試験研究及び研究所が研究所以外のものに委託して行った試験研究のうち、学術的・産業的に有用な未発表の資料とする。

(原稿の執筆)

第4条 原稿の執筆にあたっては、別に定める畜産草地研究所研究報告及び畜産草地研究所研究資料執筆要領(13畜草B第44号)に基づくものとする。使用する言語は日本語又は英語とする。

(原稿の提出)

第5条 次の手続きにより原稿及び原稿提出票を事務局に提出する。

- 一 職員は原稿提出票に必要事項を記載し、所属研究領域長等の校閲を受ける。
- 二 他の職員は原稿提出票に必要事項を記載し、所属研究領域長等の校閲を受ける。

(受付)

第6条 原稿及び原稿提出票を事務局が受け取った日を受付日とする。受理日は編集委員会の審査の結果、掲載が妥当と認められた日とする。

(審査)

第7条 編集委員会は次の手続きにより論文を審査する。ただし、学位取得論文については審査を省略することができる。

- 一 編集委員会は論文の内容により審査員正副をそれぞれ1名決定し、論文審査を依頼する。審査員は研究所内及び研究所外の研究者等とし、その氏名は公表しない。
- 二 審査員は論文審査票により審査を行う。また必要に応じて指摘事項を書き出し提出する。
- 三 事務局は審査員と著者の間のやり取りの対応にあたる。
- 四 編集委員会は審査員の審査結果を参考にして掲載の可否を判断する。
審査の内容によっては著者に原稿の訂正を求めることができる。
- 五 著者は審査結果を受領後、編集委員会が指定する期日までに修正原稿を事務局に提出する。

(校正)

第8条 著者による校正は原則として初校のみとする。校正は誤植の訂正程度にとどめる。やむを得ず大きな変更等を行う場合には編集委員会の承認を得なければならない。

(別刷り)

第9条 別刷りは次のとおりとする。

- 一 100部とし、筆頭著者が代表で受け取る。
- 二 別刷りの追加を希望する場合は研究費負担で印刷する。

附 則

この規定は、平成14年4月1日から施行する。

附 則

この規定は、平成15年10月1日から施行する。

附 則

この規定は、平成18年4月1日から施行する。

附 則

この要領は、平成20年4月1日から施行する。

附 則

この要領は、平成23年4月1日から施行する。

附 則

この要領は、平成23年8月8日から施行する。



農研機構