

## 研究論文

# 耕作放棄地におけるヤギの除草面積の推定

柿 真理<sup>1)</sup>・加藤元海<sup>2)\*</sup>

### 要旨

近年、増加する耕作放棄地の草地管理に草食家畜であるヤギを利用することが注目されている。本研究では、高知県長岡郡大豊町の耕作放棄地において、ヤギの除草面積を推定することを目的とした。調査地は、耕作放棄地の中に放牧が始まって6年経過した放牧区(1615 m<sup>2</sup>)に設定し、調査は2016年および2017年の2年間行なった。ヤギは、日本ザーネン種の雌であるモモコ(調査時点で5-6歳、平均体重45.4 kg)とアイコ(4-5歳、42.4 kg)の2匹を対象とした。ヤギの除草面積は、ヤギの採食量と植物成長・再生量より推定した。ヤギの採食量は、採食に伴う体重変化量と糞と尿の排泄量の和とした。単位面積当たりの植物成長・再生量は、一定面積の定期的な刈り取り調査より推定した。植物の成長が顕著な5-10月の6か月間の採食量は、モモコが831 kg、アイコが703 kgであった。放牧区の植生はヨモギが優占しており、6か月間の単位面積当たりの植物成長量は1.92 kg/m<sup>2</sup>であった。その結果、除草面積はモモコが433 m<sup>2</sup>、アイコが366 m<sup>2</sup>と推定された。ヤギの体重当たりの除草面積はモモコが9.54 m<sup>2</sup>/kg、アイコが8.64 m<sup>2</sup>/kgと推定された。推定された体重当たりの除草面積は、ヤギの維持に最低限必要な1日当たりの飼料量である維持飼料量を基に算出した値とほぼ一致していた。

キーワード：耕作放棄地、除草面積、体重、草地管理、ヤギ

近年、中山間地域では、急傾斜地が多く大型機械が使えないこと、農業就業者の高齢化や労働力低下が進行していることから耕作放棄地が増加している(中川 2003、農林水産省統計部 2007)。イノシシなどの野生動物が耕作放棄地を生息地として利用することで、近隣の耕作地に侵入し農作物被害を生じるため、草食家畜の放牧による草地管理に期待が寄せられている(千田ほか 2002)。ウシは放牧して飼養するのに必要な1頭当たりの面積が大きく、棚田などの小面積地での放牧には向いていない。一方、ヤギは、ウシに比べて身軽で急傾斜地に強く、野草に対する嗜好性が高く、水分要求量が低いうえ、体が小さくて扱いやすいといった利点がある(萬田 2000、中西 2014)。そこで近年では、耕作放棄地の草地管理を目的にヤギを放牧して、除草効果が検証されている(高山ほか 2009、卯城・加藤 2012、主税ほか 2014、浅風・加藤 2015)。

草地管理を目的にヤギを放牧するためには、ヤギの採食行動と1頭当たりの除草面積が重要な知見となる。本研究では、ヤギを放牧して6年間経過した耕作放棄地において、ヤギの採食行動と降水量、日平均気温などの環境要因および時刻との関係について検討した。さらに、ヤギの採食量と単位面積当たりの植物成長・再生量を基に、ヤギ1頭当たりの除草面積を推定した。ヤギの維持に必要な1日当たりの飼料量は一般にヤギの体重に依存することから、1頭当たりの除草面積も体重に依存する。そのため、本研究ではヤギの体重1 kg当たりの除草面積も算出した。最後に、ほとんどの植物が成長しない冬季におけるヤギの維持飼料に関して、耕作放棄地に自生する植物を利用する場合と、別に用意する場合の草地管理方法について考察した。

### 材料と方法

調査地は、高知県長岡郡大豊町怒田地区において、1975年までは桑畑であった耕作放棄地(棚田3筆)を対象とした。この耕作放棄地は、2012年7月6日に高さ1.8 mの牧柵で囲われた放牧区(面積1615 m<sup>2</sup>)

2018年2月6日受領；2018年2月28日受理

1) 高知大学大学院総合人間自然科学研究科  
〒780-8520 高知市曙町2-5-1

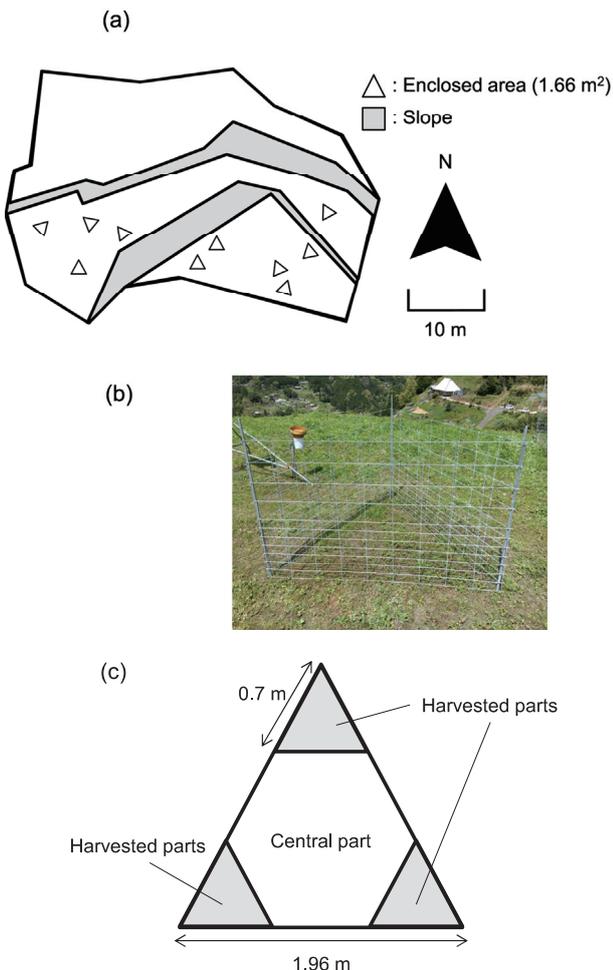
2) 高知大学黒潮圏科学部門  
〒780-8520 高知市曙町2-5-1

\*連絡責任者e-mail address: genkai@kochi-u.ac.jp

である。この放牧区には、2匹の日本ザーネン種のヤギが放牧されており、1匹は2011年4月24日生まれのモモコと名付けられた雌、もう1匹はモモコの異父姉妹で2012年4月6日生まれのアイコと名付けられた雌である。モモコの放牧は生後62日目の2011年6月24日から、アイコの放牧は生後92日目の2012年7月6日から始まった。本研究では、2016年4月に放牧区内でヤギが採食できないような区画を柵区として10か所設定した (Fig. 1 a)。柵区は、メッキされた溶接金網 (いのししくんエコノミー、1.96 m × 1.2 m、トアミ) を1辺1.96 mの正三角形 (面積1.66 m<sup>2</sup>) となるように組み合わせて、高さ1.2 mの柵として囲い、三角形の頂点をメッキされた鉄製の杭 (うりぼう、D16、1.5 m、トアミ) で固定した (Fig.

1 b)。放牧区の中で、柵区以外の場所 (柵区外、面積約1600 m<sup>2</sup>) ではヤギが自由に植物を採食できる状態とした。

柵区では、2016年9月と、2017年4月から9月まで毎月植生調査を行なった。比較のため、各柵区の近隣にそれぞれ開放区 (面積1 m<sup>2</sup>) を設定し、柵区と同様に植生調査を行なった。植物の種名は佐竹ほか (1985、1989)、高橋 (1990)、岩槻 (1992)、長田 (1993) に準拠した。C 3植物とC 4植物の判定は奥田・古川 (1990) と吉村 (2015) を参照した。植生調査では、各植物種の被度 (%) と、被度が1%以上の種については草丈を測定した。柵区における植生調査は、2016年は柵区全体 (面積1.66 m<sup>2</sup>) で行ない、2017年は各柵区のうち中央部 (面積約1 m<sup>2</sup>、Fig. 1 c) で行なった。柵区と開放区における植物群落の現存量 (乾燥重量) と放牧区における植物群落の日成長・再生量を推定するため、2016年は9月24日、2017年は5月26日、7月27日、9月6日、10月25日に植物群落の地面から3 cmより上の部分を刈り取った。2016年は柵区内 (1.66 m<sup>2</sup>) のすべての植物を刈り取り、2017年は植生調査した中央部以外の部分 (面積約0.63 m<sup>2</sup>、Fig. 1 c) の植物を刈り取った。刈り取った植物は現地でデジタル天秤 (D-26、パール金属) を用いて湿重量を測定した後に研究室に持ち帰り、通風乾燥 (80°C、24時間) させ、上述のデジタル天秤で乾燥重量を測定した。植物の含水率は、刈り取った植物の湿重量の総量と乾燥重量の総量を基に算出した。植物群落の単位面積当たりの日成長・再生量 (GR: Growth rate、g・m<sup>-2</sup>・d<sup>-1</sup>) は、2017年5月から10月に刈り取ったデータを基に、下記で求めた。



**Fig. 1.** The experimental paddock. (a) Schematic diagram of the paddock. (b) Photograph of the enclosed area surrounded by three fences. (c) Schematic diagram of the enclosed area. Weeds were harvested at the corners of the triangle to estimate the growth rate of weeds.

$$GR(i, i - 1) = \frac{Pw_i}{t_i - t_{i-1}}$$

ただし、 $Pw_i$ は刈り取り時期*i* (2017年7月、9月、10月) に刈り取った植物群落の単位面積当たりの湿重量 (g/m<sup>2</sup>)、 $t_i$ は刈り取り日 ( $t_{i-1}$ は前回の刈り取り日) である。5 - 10月の半年間の各月における単位面積当たりの成長・再生量 (g/m<sup>2</sup>) は、日成長・再生量に月の日数をかけることで求めた。

ヤギの採食量は、日中 (6 : 00 - 18 : 00) の体重変化量と排泄量を基に浅風・加藤 (2015) の方法で推定した。体重は、2017年の4月から9月まで月1回の頻度で6 : 00、12 : 00、18 : 00に計測した。体

重は採食によって増える一方、排泄によって減少することから排泄量も調査した。糞に関しては、目視によって排泄を確認し次第、市販のひしゃく（容量660 mL）を用いて採取し、取りこぼした分は割りばしで採取し、デジタル天秤を用いて重さを量った。ヤギは糞を排泄する際には目立った前兆はないが、尿を排泄する前に少しかがむ姿勢をとることから、尿の採取には縄でつないだヤギの背後を尾行し、排尿の前兆が見られ次第、尿の全量をひしゃくで採取し、デジタル天秤で重さを量った。糞と尿の排泄回数は、2016年の4月から12月と2017年の4月から9月までの月1回、午前（6:00–12:00）と午後（12:00–18:00）に分けて記録した。ヤギの日採食量（kg/d）は、日中の体重変化量と排泄量の和とした。ヤギの日採食量を基に、5–10月の6か月間と年間の採食量を算出した。ヤギの除草面積は、ヤギの採食量と単位面積当たりの植物成長・再生量を基に推定した。年間の除草面積を推定する際、本研究を行なった5–10月以外の6か月間は、2匹のヤギを維持するために同量の植物が必要である一方、植物は成長しないと仮定した。

ヤギの行動観察を2016年7月から12月と2017年4月から9月に午前と午後に分けてそれぞれ月1回以上観察を行なった。ヤギの行動は、採食行動（採食や採食のための移動）とその他の行動（反芻、休息、睡眠等）に分け、各行動の開始時刻と終了時刻を記録した。ヤギの採食行動と気象条件との関係を見るために、気象庁のホームページ（<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>、2017年12月22日閲覧）を基にして本山（高知県長岡郡本山町）における毎時の降水量と日平均気温を参照した。植物種に対するヤギの嗜好性をみるために、各植物種を採食していた時間をストップウォッチで計測した（卯城・加藤2012、柿・加藤2016）。採食行動の観察は、2016年は5月から11月、2017年は4月から8月まで月1回の頻度で1日につき3回、10分間ずつ行なった。採食に費やした時間に対する各植物種を採食していた時間の割合の平均値を基に、植物種の相対的な嗜好度（%）を算出した。2016年7月には、モモコの右後肢が腐蹄症にかかったため、2匹ともほとんどの時間を休息に費やしており採食行動の観察が困難であったためデータから除外した。

植物群落に対するヤギの採食圧の影響をみるため、調査期間中に優占する傾向にあったヨモギの草

丈と2016年9月における現存量に関して、柵区と開放区の間で対応のある $t$ 検定を用いて比較した。植物現存量の季節間の比較については、2017年7月以降の現存量は前回の刈り取りによる影響が大きいため、2016年9月と2017年5月の間で対応のある $t$ 検定を用いて行なった。日成長・再生量と季節の関係については、反復測定1元配置分散分析を用いて解析し、季節間で有意な差がみられた場合にはHolm法を用いて多重比較を行なった。日成長・再生量に関して単回帰分析を行ない、日成長・再生量の変化量を推定した。ヤギの体重変化量と排泄回数に関して、時間帯もしくは季節の間の比較には $t$ 検定を用いた。1回当たりの排泄量について、排泄物（特に尿）の全量を採取することが困難で、正確に採取できたデータが少なかった。そのため、1回当たりの排泄量についての時間帯もしくは季節間の比較は行なわなかった。ヤギの採食行動と気温との関係を検討するため、採食行動に費やした時間の割合を目的変数として、日平均気温を説明変数とした単回帰分析を行ない、スピアマンの順位相関係数を求めた。統計解析には、フリーの統計解析ソフトウェアRを用いた（R Core Team 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2018年2月26日閲覧）。

## 結果

**植生調査** 柵区では、調査期間を通してヨモギ (*Artemisia princeps*) が優占していた (Table 1)。ヨモギに次いでチゴザサ (*Isachne globosa*)、セイタカアワダチソウ (*Solidago altissima*)、スギナ (*Equisetum arvense*)、イグサ (*Juncus effusus* var. *decipiens*)、ススキ (*Miscanthus sinensis*) の被度が高く、これらのうちススキを除く5種がC3植物であった。柵区では、2017年の8月以降にススキの被度が増加した。開放区では、2017年4月27日のみスギナが優占しており、それ以外の調査ではヨモギが優占していた。ヨモギに次いでセイタカアワダチソウ、スギナ、ハシカグサ (*Hedyotis lindleyana*)、ヒメクグ (*Cyperus brevifolius*)、チゴザサ、ヒメムカシヨモギ (*Erigeron canadensis*)、ミゾソバ (*Persicaria thunbergii*) の被度が高く、これらのうちヒメクグを除く7種がC3植物であった。

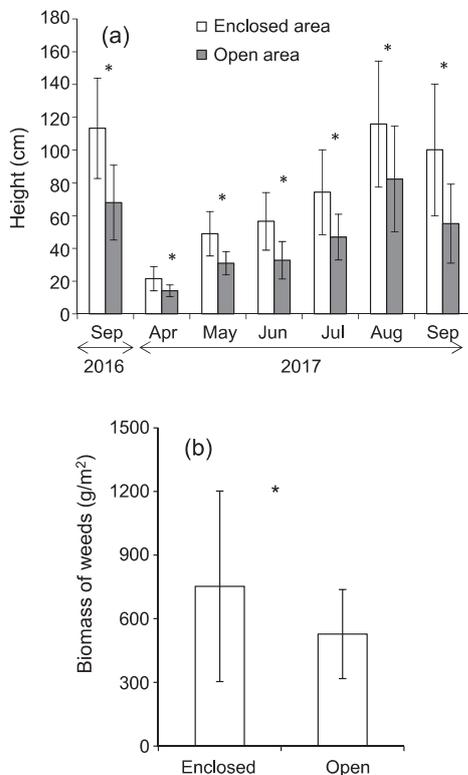
ヤギの除草面積の推定

**Table 1.** Abandoned plant species in enclosed and open areas in the experimental paddock. Coverage: ◎, >25%; ○, 10–25%; +, 1–10%; ·, <1%. C3 or C4 plants were determined based on Okuda and Furukawa (1990) and Yoshimura (2015).

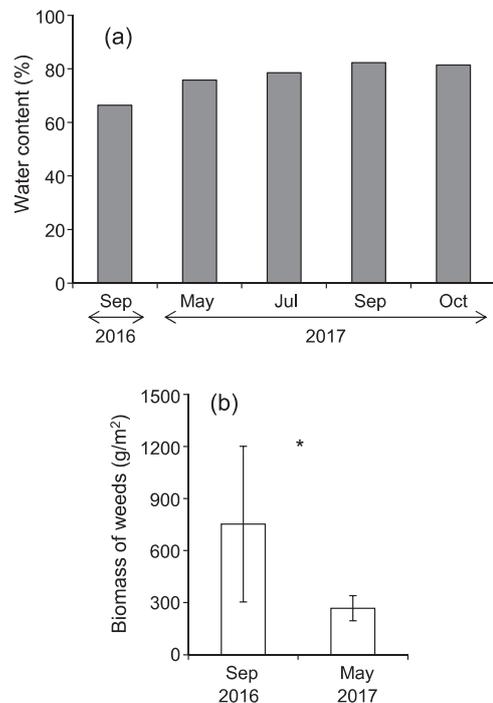
| Enclosed area                               | C3/C4 | 2016 |     | 2017 |     |     |     |     |
|---|-------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|
|   |       | Sep  | Apr | May  | Jun | Jul | Aug | Sep |
| <i>Artemisia princeps</i>                   | C3    | ◎    | ◎   | ○    | ◎   | ◎   | ◎   | ◎   |
| <i>Isachne globosa</i>                      | C3    | ○    | ·   | ○    | +   | ○   | ○   | ○   |
| <i>Solidago altissima</i>                   | C3    | ○    | +   | +    | +   | +   | +   | +   |
| <i>Equisetum arvense</i>                    | C3    | ·    | ○   | ○    | ·   | ·   | ·   | ·   |
| <i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i> | C3    | ·    | +   | +    | ○   | ·   | ·   | ·   |
| <i>Miscanthus sinensis</i>                  | C4    | ·    | ·   | ·    | ·   | ·   | +   | ○   |
| <i>Hedyotis lindleyana</i>                  | C3    | +    | ·   | ·    | ·   | ·   | +   | ·   |
| <i>Persicaria thunbergii</i>                | C3    | +    | ·   | ·    | ·   | ·   | ·   | ·   |
| <i>Cyperus brevifolius</i>                  | C4    | ·    | ·   | ·    | ·   | ·   | ·   | ·   |
| <i>Erigeron canadensis</i>                  | C3    | ·    | ·   | ·    | ·   | ·   | +   | ·   |
| Open area                                   |       |      |     |      |     |     |     |     |
| <i>Artemisia princeps</i>                   | C3    | ◎    | ○   | ◎    | ◎   | ◎   | ◎   | ◎   |
| <i>Isachne globosa</i>                      | C3    | +    | ·   | +    | ·   | +   | ○   | +   |
| <i>Solidago altissima</i>                   | C3    | ○    | +   | ○    | ○   | ○   | ○   | ○   |
| <i>Equisetum arvense</i>                    | C3    | ·    | ◎   | ○    | +   | ·   | ·   | ·   |
| <i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i> | C3    | ·    | ·   | ·    | +   | ·   | ·   | ·   |
| <i>Miscanthus sinensis</i>                  | C4    | ·    | ·   | ·    | ·   | ·   | ·   | ·   |
| <i>Hedyotis lindleyana</i>                  | C3    | ○    | ·   | +    | +   | +   | +   | +   |
| <i>Persicaria thunbergii</i>                | C3    | ·    | ·   | ·    | ·   | +   | ·   | ○   |
| <i>Cyperus brevifolius</i>                  | C4    | +    | ·   | ·    | ·   | ○   | ○   | ○   |
| <i>Erigeron canadensis</i>                  | C3    | ·    | ·   | ·    | ·   | +   | ○   | ○   |

ヨモギの草丈に関して、柵区と開放区の間で対応のある *t* 検定を行なった結果、すべての調査日において柵区よりも開放区のヨモギの草丈の方が有意に

低かった (Fig. 2 a)。2016年9月の植物現存量は、柵区よりも開放区の方が有意に少なかった ( $t=2.37$ ,  $p=0.04$ ; Fig. 2 b)。植物の含水率は、66–83% (平均値76.9%) であり、季節的な特徴はみられなかった (Fig. 3 a)。植物現存量を季節間で比較した結果、



**Fig. 2.** Comparisons in height of *Artemisia princeps* (a) and in biomass of weeds in September 2016 (b), between enclosed and open areas. Values are mean  $\pm$  SD. \*,  $p < 0.05$ .



**Fig. 3.** Seasonal changes in percentage of water content in weeds (a) and biomass of weeds (b) in the enclosed area. Values are mean  $\pm$  SD. \*,  $p < 0.05$ .

9月より5月の方が有意に少なかった ( $t = 3.82$ ,  $p < 0.01$ ; Fig. 3b)。

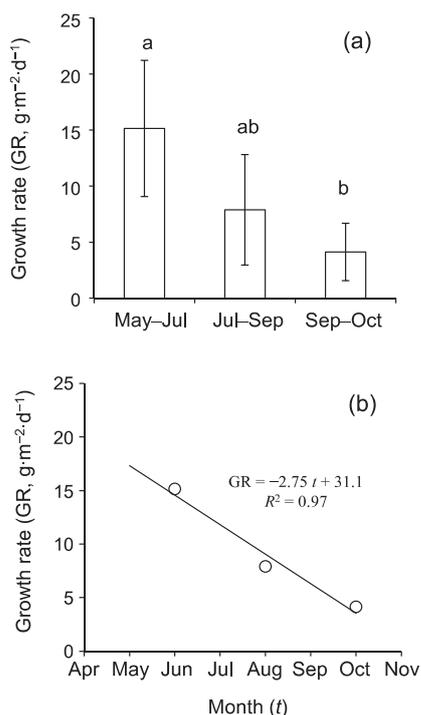
**植物群落の成長量の推定** 反復測定1元配置分散分析の結果、植物群落の日成長・再生量には季節間で有意な差があった ( $F_{2,18} = 12.9$ ,  $p < 0.01$ ; Fig. 4a)。多重比較の結果、5-7月と9-10月の間にの

み有意差があったが ( $p < 0.01$ )、7-9月との間には有意な差がみられなかった (5-7月と7-9月間、7-9月と9-10月間のいずれも  $p = 0.057$ )。5-7月の間の日成長・再生量を6月、7-9月を8月、9-10月を10月の日成長・再生量の代表値と仮定して単回帰分析を行なったところ、日成長・再生量 (GR) と月 ( $t$ ) の間に次のような関係が得られた:

$$GR = -2.75t + 31.1 \quad (1)$$

( $R^2 = 0.97$ , Fig. 4b)。式(1)から推定された月ごとの日成長・再生量を基に、単位面積当たりの日成長・再生量を算出した (Table 2)。

**ヤギの除草面積の推定** ヤギの正午時点の平均体重は、モモコについては45.4 kg、アイコについては42.4 kgであった。ヤギの6時間 (6:00-12:00もしくは12:00-18:00) の体重変化量は、平均値でモモコは1.603 kg、アイコは1.338 kgの増加であった。体重変化量は2匹とも、午前と午後の間 (モモコ:  $t = -0.88$ ,  $p = 0.38$ ; アイコ:  $t = -0.28$ ,  $p = 0.78$ )、もしくは春夏期 (4-8月) と夏秋期 (9-12月) の間 (モモコ:  $t = -0.70$ ,  $p = 0.49$ ; アイコ:  $t = -1.37$ ,  $p = 0.18$ ) に有意な差はみられなかった。夜間は採食しないと仮定すると、採食による体重変化量を基に、モモコが3.21 kg、アイコが2.68 kgと推定した (Table 3)。1回当たりの排泄量の平均値に関して、糞はモモコが18.3 gでアイコが20.1 gであり、尿はモモコが162 gでアイコが109 gであった。6時間 (6:00-12:00もしくは12:00-18:00) の排泄回数の平均値に関して、糞についてはモモコが



**Fig. 4.** Growth rate of weeds in the enclosed area. (a) Growth rate in May-Jul, Jul-Sep and Sep-Oct. Different alphabets indicate different growth rates. Values are mean  $\pm$  SD. (b) Relationship between growth rate (GR) and month ( $t$ ) estimated by interpolation..

**Table 2.** Growth rate of weeds per day ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ) and per month ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) in the enclosed area.

|  | May  | Jun  | Jul  | Aug | Sep | Oct | May-Oct |
|--|------|------|------|-----|-----|-----|---------|
| Growth rate per day ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ) | 17.3 | 14.6 | 11.8 | 9.1 | 6.3 | 3.6 | -       |
| Growth rate per month ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ )                 | 537  | 437  | 366  | 281 | 189 | 110 | 1920    |

**Table 3.** Feeding rate of the goats on weeds (kg/d), estimated based on the change in body weight due to feeding and the amount of feces and urine.

|        | Change in body weight (kg/d) | Amount of excretion (kg/d) |       |      | Feeding rate (kg/d) |
|--------|------------------------------|----------------------------|-------|------|---------------------|
|        |                              | Feces                      | Urine | Sum  |                     |
| Momoko | 3.21                         | 0.28                       | 1.04  | 1.31 | 4.52                |
| Aiko   | 2.68                         | 0.31                       | 0.84  | 1.15 | 3.82                |

ヤギの除草面積の推定

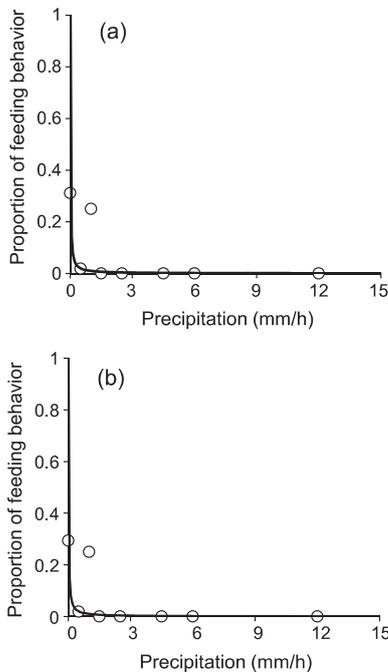
7.65回でアイコが7.72回であり、尿についてはモモコが3.19回でアイコが3.81回であった。排泄回数は2匹とも午前と午後の間で、糞についても（モモコ： $t = -0.96$ 、 $p = 0.34$ ；アイコ： $t = -0.96$ 、 $p = 0.34$ ）、尿についても（モモコ： $t = 0$ 、 $p = 1$ ；アイコ： $t = -0.32$ 、 $p = 0.75$ ）有意な差はみられなかった。糞の排泄回数は、2匹とも春夏期と夏秋期の間で有意差がみられた（モモコ： $t = -3.26$ 、 $p < 0.01$ ；アイコ： $t = -2.72$ 、 $p = 0.02$ ）。一方、尿の回数については、2匹とも季節間で有意差はみられなかった（モモコ： $t = -1.24$ 、 $p = 0.23$ ；アイコ： $t = -0.98$ 、 $p = 0.34$ ）。重量で比較した場合、糞は尿に比べて少ないため、糞の排泄回数の季節的な変化は考慮せず、以下では4-12月の平均値を用いた。糞と尿の日中の排泄量は、1回当たりの排泄重量と日中（6:00-

18:00）の排泄回数の積によって求めた（Table 3）。日中の体重変化量と総排泄量の和からヤギの日採食量は、モモコは4.52 kg、アイコは3.82 kgと推定された。日採食量を基に5-10月の6か月間（184日）および年間（365日）の採食量を推定した（Table 4）。採食量（kg）を植物成長量（kg/m<sup>2</sup>）で除することにより、ヤギ2匹の除草面積は、5-10月の6か月間で800 m<sup>2</sup>、年間で1586 m<sup>2</sup>であると推定された。

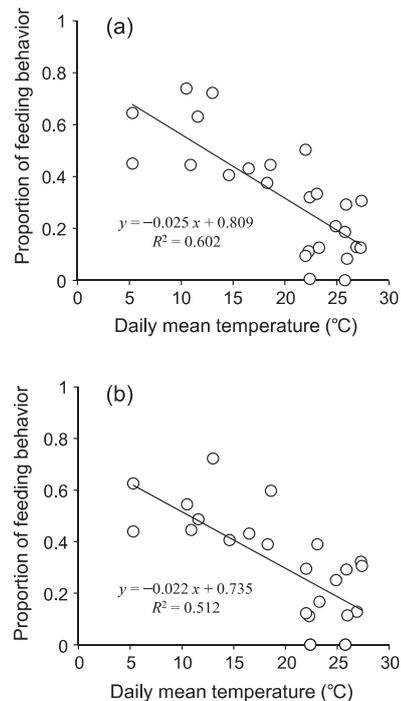
**ヤギの採食行動** ヤギが採食行動に費やした時間の割合と降水量（mm/h）との間には、反比例の関係がみられた（Fig. 5）。採食時間の割合と日平均気温（°C）に関して、スピアマンの順位相関係数を求めた結果、モモコ（ $\rho = -0.75$ 、 $p < 0.01$ ）とアイコ（ $\rho = -0.68$ 、 $p < 0.01$ ）の2匹ともに有意な負の

**Table 4.** Estimated feeding areas by the goats and the amounts of weeds fed by the goats for six months (from May to October) and one year.

|                                | Six months (May-Oct) |      |      | One year |      |      |
|--------------------------------|----------------------|------|------|----------|------|------|
|                                | Momoko               | Aiko | Sum  | Momoko   | Aiko | Sum  |
| Amount of feeding (kg)         | 832                  | 703  | 1535 | 1650     | 1395 | 3045 |
| Feeding area (m <sup>2</sup> ) | 433                  | 366  | 800  | 859      | 727  | 1586 |



**Fig. 5.** Relationship between precipitation (mm/h) and the proportion of the time spent for feeding behavior by Momoko (a) and Aiko (b). The line indicates an inverse relation:  $y = 10^{-2} \cdot 1/x$ .



**Fig. 6.** Relationships between mean temperature and proportion of the time spent for feeding behavior by Momoko (a) and Aiko (b).

相関があった (Fig. 6)。採食行動を行なう時間に関しては、2匹とも採食行動に費やす時間の割合が時間的に振動していた (Fig. 7)。午前中の採食行動の振動は、夏秋期は春夏期に比べて1時間遅れる傾向にあったが、午後には時間的な遅れはみられなかった。ヤギの嗜好性は、モモコとアイコともにイネ科、キク科、カヤツリグサ科の植物に対する嗜好度が高い傾向にあった (Table 5)。

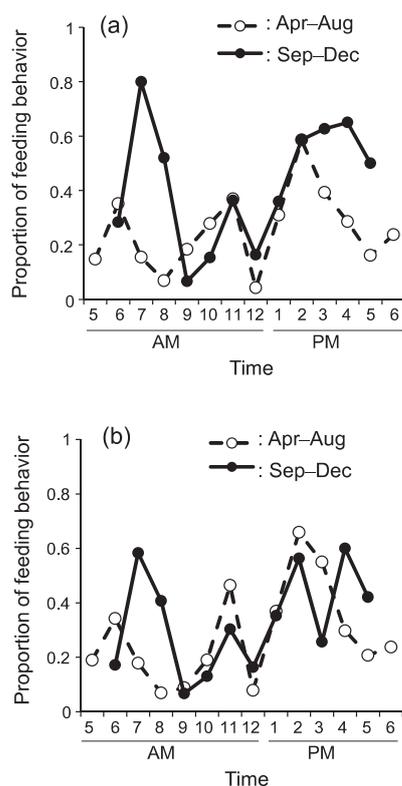


Fig. 7. Proportion of the time spent for feeding behavior by Momoko (a) and Aiko (b) in the daytime.

### 考察

放牧区では、ヨモギやセイタカアワダチソウなどのC3植物の被度が高かった。ヨモギの草丈が柵区よりも開放区で低かったのは、ヤギのヨモギに対する嗜好度が高かったことが要因であろう。柵区に比べて開放区の植物現存量が少なかったことから、ヤギの除草効果が示された。柵区における植物現存量に季節間で有意な差がみられたのは、春は越冬のためのロゼットや実生に近い状態の種が多く、秋は優占するヨモギが花期であり現存量が増大していたためであると考えられる。ヤギはススキに対して高い

嗜好性があるため (小西・廣田 1998、城戸ほか 2003、卯城・加藤 2012、森田ほか 2013、主税ほか 2014、柿・加藤 2016)、ススキの被度が開放区で変化がなかったのに対して、ヤギの採食圧のない柵区において2017年8月以降に高くなったのであろう。

放牧区において優占していたのは、C3植物であるヨモギであった。C3植物の成長には温度や降水、日射量が強く影響している (横山ほか 2004)。実際に、日本においてC3植物の地上部現存量は、主に4月から7月にかけて急激に増加し、それ以降、増加の速度が衰えることが報告されている (赤沢・及川 1995、横山・及川 2001、2002、井柵ほか 2002、莫ほか 2003、横山ほか 2004)。したがって、本研究において5月から10月にかけての調査期間中、季節とともに成長速度が減少したのは妥当な結果であろう。

ヤギが採食行動に費やした時間の割合と降水量との間に反比例の関係がみられた。一般にヤギは雨や湿気を嫌うことが知られている (中西 2014)。日平均気温が高くなるほど、ヤギが採食行動に費やす時間の割合が減少したが、最高気温が高くなるほどヤギの行動は減少することが知られている (千田ほか 2013)。本研究において、ヤギは日の出の約1時間後に採食時間の割合が上昇し、日中に3-4回の採草行動があった。放牧家畜のうち反芻動物 (ウシやヒツジ) は1日に3-8回の採食行動を行ない、採食行動は日の出と日没時に長く集中する (野附・山本 1991)。夏秋期における午前中の採食行動が春夏期よりも1時間遅れていたのは、春夏期 (4-8月) は日の出が早かったのが要因であろう。

ヤギの採食による体重変化量と排泄量を基に採食量を推定した結果、5-10月の6か月間においては、モモコ (5-6歳時、平均体重45.4 kg) とアイコ (4-5歳時、42.4 kg) の採食量は、それぞれ832 kgと703 kgであった。ヤギの維持飼料量 (乾燥重量) は一般に1日当たり体重の2.5%とされている (唐澤 2004)。植物の含水率の結果から、植物の乾燥重量は湿重量の23.1%と推定した。維持飼料量の文献に基づいた、6か月間 (184日) のヤギの採食量 ( $F$ , 湿重量kg) は、ヤギの体重を  $W$  (kg) とすると、下記の式で与えられる:

$$F = 184 \cdot 0.025 W / 0.231 = 19.9 W \quad (2)$$

(Fig. 8 a)。本研究で推定したヤギの採食量の推定値は、式 (2) よりもやや低い値であったが、ほぼ

ヤギの除草面積の推定

**Table 5.** Preferences for plants were classified according to the grazing time allocation to each species. The preferences were classified into four categories: ⊙, >25%; ○, 10-25%; +, <10%.

| Momoko   | 2016 |     |     |     |     | 2017 |     |     |     |     |     |
|--|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
|  | May  | Jun | Aug | Sep | Oct | Nov  | Apr | May | Jun | Jul | Aug |
| <b>Poaceae</b>                                       |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Miscanthus sinensis</i>                           | +    | +   | ○   | +   | ○   | ⊙    |     |     | ○   | +   |     |
| <i>Poa annua</i>                                     |      |     |     |     |     | +    | ○   | ⊙   |     | +   |     |
| <i>Isachne globosa</i>                               |      |     |     | ⊙   |     |      | +   |     |     | ○   |     |
| <i>Cynodon dactylon</i>                              |      |     |     |     |     |      |     |     |     | ⊙   |     |
| <i>Agropyron ciliare</i> var. <i>minus</i>           | ○    | +   |     |     |     |      |     | +   | +   |     |     |
| <i>Agrostis clavata</i>                              | ○    |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Festuca arundinacea</i>                           | +    | +   |     |     |     |      |     | +   |     |     |     |
| <i>Digitaria timorensis</i>                          |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <b>Compositae</b>                                    |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Artemisia princeps</i>                            | ○    | ○   | ⊙   | ○   | ⊙   | +    | ○   | ○   |     | +   | +   |
| <i>Stenactis annuus</i>                              | +    | +   |     |     | +   |      | ○   |     | ○   |     |     |
| <i>Erigeron canadensis</i>                           | ○    |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <b>Cyperaceae</b>                                    |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Cyperus brevifolius</i>                           |      |     | ○   | +   | +   | +    |     |     |     | ○   | ⊙   |
| <i>Fimbristylis squarrosa</i> var. <i>esquarrosa</i> |      |     |     |     |     | ○    |     |     |     |     | ⊙   |
| <b>Polygonaceae</b>                                  |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Persicaria thunbergii</i>                         |      | ○   | ○   | ⊙   | +   | +    |     | +   |     | +   |     |
| <b>Juncaceae</b>                                     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i>          | +    | +   | +   | +   |     |      | +   | +   | ⊙   | +   | +   |
| <b>Equisetaceae</b>                                  |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Equisetum arvense</i>                             | +    |     | +   |     |     |      | ○   |     | ○   | +   |     |
| <b>Rubiaceae</b>                                     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Paederia scandens</i>                             |      | ○   |     |     | +   |      |     |     |     |     |     |
| <i>Hedyotis lindleyana</i>                           |      | +   | +   | +   | +   | +    |     |     | +   | +   | +   |
| <b>Thelypteridaceae</b>                              |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Thelypteris decursive-pinnata</i>                 | +    | +   |     |     | +   |      | ○   |     |     |     |     |
| <b>Leguminosae</b>                                   |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Amphicarpaea bracteata</i>                        |      | ○   |     |     |     |      |     |     | +   |     |     |
| <b>Convolvulaceae</b>                                |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Cuscuta japonica</i>                              |      |     |     | ○   |     |      |     |     |     |     |     |
| <b>Caprifoliaceae</b>                                |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Lonicera japonica</i>                             |      | +   | +   |     | +   |      | +   |     |     |     |     |
| <b>Caryophyllaceae</b>                               |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Stellaria media</i>                               | +    |     |     |     |     |      |     | +   |     |     |     |
| <b>Dennstaedtiaceae</b>                              |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Pteridium aquilinum</i>                           |      |     |     |     |     |      | +   | +   |     |     |     |
| <b>Labiatae</b>                                      |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Rabdosia trichocarpa</i>                          |      |     |     |     | +   |      |     |     |     |     |     |
| <b>Osmundaceae</b>                                   |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Osmunda japonica</i>                              |      |     |     |     |     |      | +   |     |     |     |     |
| <b>Aiko</b>  |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <b>Poaceae</b>                                       |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Miscanthus sinensis</i>                           | +    | +   | +   | +   | ○   | ⊙    |     |     |     | ○   |     |
| <i>Poa annua</i>                                     |      |     |     |     |     |      | ○   | ⊙   |     | +   |     |
| <i>Isachne globosa</i>                               |      | +   |     | ○   |     | +    |     |     | +   |     |     |
| <i>Cynodon dactylon</i>                              |      |     | +   |     |     |      |     |     |     | +   |     |
| <i>Agropyron ciliare</i> var. <i>minus</i>           |      |     |     |     |     |      |     | ○   |     |     |     |
| <i>Agrostis clavata</i>                              | ○    |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Festuca arundinacea</i>                           |      | ⊙   |     |     |     |      | +   | +   |     |     |     |
| <i>Digitaria timorensis</i>                          |      |     |     |     |     |      |     |     |     | ○   |     |
| <b>Compositae</b>                                    |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Artemisia princeps</i>                            |      | ⊙   | +   | +   | ⊙   | +    | ○   | ○   |     | +   |     |
| <i>Stenactis annuus</i>                              |      | +   |     |     | +   |      | +   | +   |     | +   |     |
| <i>Erigeron canadensis</i>                           |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <b>Cyperaceae</b>                                    |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Cyperus brevifolius</i>                           |      |     | ⊙   | +   |     | +    |     |     |     | ○   | ○   |
| <i>Fimbristylis squarrosa</i> var. <i>esquarrosa</i> |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     | ⊙   |
| <b>Polygonaceae</b>                                  |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Persicaria thunbergii</i>                         |      | +   |     | ⊙   | +   | +    |     | +   | +   | +   |     |
| <b>Juncaceae</b>                                     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i>          |      | ○   | +   | +   | +   | +    | ○   | +   | ○   | ○   | +   |
| <b>Equisetaceae</b>                                  |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Equisetum arvense</i>                             |      | +   |     |     |     | +    | +   | +   | ⊙   | +   |     |
| <b>Rubiaceae</b>                                     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Paederia scandens</i>                             |      |     |     | +   | +   |      |     | +   |     | +   |     |
| <i>Hedyotis lindleyana</i>                           |      | ○   | ○   |     | +   | +    |     |     |     | +   | +   |
| <b>Thelypteridaceae</b>                              |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Thelypteris decursive-pinnata</i>                 |      |     |     |     | +   |      | +   | +   |     | +   |     |
| <b>Leguminosae</b>                                   |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Amphicarpaea bracteata</i>                        |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <b>Convolvulaceae</b>                                |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Cuscuta japonica</i>                              |      |     |     | +   |     |      |     |     |     |     |     |
| <b>Caprifoliaceae</b>                                |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Lonicera japonica</i>                             | ⊙    | +   |     |     | +   |      | +   |     |     |     |     |
| <b>Caryophyllaceae</b>                               |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Stellaria media</i>                               |      |     |     |     |     |      | ○   | +   |     |     |     |
| <b>Dennstaedtiaceae</b>                              |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Pteridium aquilinum</i>                           | ○    |     |     | +   |     |      |     |     |     |     |     |
| <b>Labiatae</b>                                      |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Rabdosia trichocarpa</i>                          |      |     |     |     | ○   |      |     |     |     |     |     |
| <b>Osmundaceae</b>                                   |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Osmunda japonica</i>                              | ○    |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |

合致していた。6 か月間のヤギの採食量 ( $F$ ) と単位面積当たりの植物成長量 ( $G = 1.92 \text{ kg/m}^2$ ) から、維持飼料量の文献に基づいたヤギの除草面積 ( $A$ ) と体重 ( $W$ ) の関係は、下記の式で与えられる：

$$A = F/G = 19.9 W/1.92 = 10.4 W \quad (3)$$

(Fig. 8 b)。本研究で推定されたヤギの体重当たりの除草面積は、モモコは  $9.54 \text{ m}^2/\text{kg}$ 、アイコは  $8.64 \text{ m}^2/\text{kg}$  であり、式 (3) における体重当たりの除草面積 ( $10.4 \text{ m}^2/\text{kg}$ ) より小さい値であるが大きく異なることはない。一方、浅風・加藤 (2015) で推定

された体重当たりの除草面積は、モモコは  $12.6 \text{ m}^2/\text{kg}$ 、アイコは  $14.9 \text{ m}^2/\text{kg}$  であった

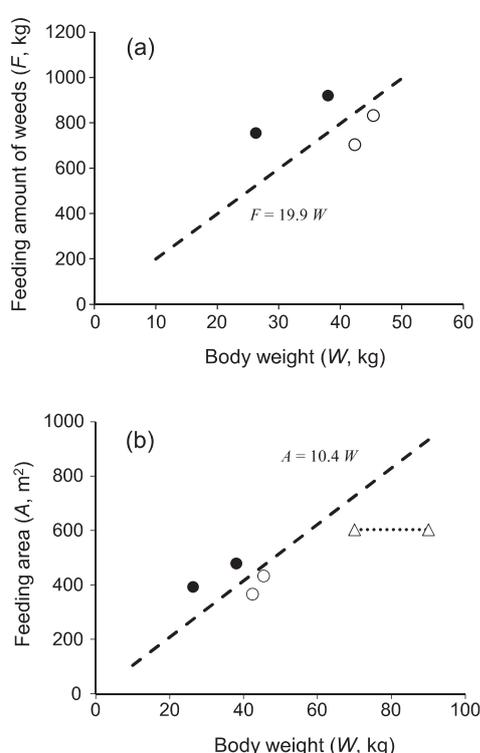
5 - 10月の半年間におけるヤギ2匹を合計した除草面積 (面積  $800 \text{ m}^2$ ) は、柵区を除いた放牧区の面積 ( $1600 \text{ m}^2$ ) の半分であった。一方、年間の除草面積 ( $1586 \text{ m}^2$ ) は放牧区の面積とほぼ一致した。このことから、年間を通じてみると、放牧区における植物成長・再生量とヤギの採食量に過不足はなく、本研究で用いた放牧区は2匹のヤギを維持できる広さであった。植物成長・再生量には季節変化があり、一方、ヤギの採食量には季節変化がなかったことから、春季に比べて秋季の植物現存量が多い結果となった (Fig. 3 b)。そのため、ほとんどの植物が成長しない冬季には、採食量に対する植物成長・再生量の余剰が蓄積した秋に植物の刈り取りを行なってヤギの越冬飼料 (サイレージなど) として保存する方法も考えられる。その際の注意点としては、有毒植物やゴミが混入してヤギの生命に危険を与える可能性があるため、それらを取り除く必要がある (中西 2014、中井ほか 2015)。一方、6 か月間におけるヤギの採食量と植物成長・再生量が釣り合う耕作放棄地にヤギを放牧すると、人の手による刈り取りを行わずに草地管理が可能であるが、その場合には、耕作放棄地に自生する植物とは別にカボチャやイモ類、作物残渣類などの越冬飼料を確保する必要がある (中西 2014)。

## 謝辞

本研究を実施するにあたって、大豊町怒田地区でヤギのお世話をしてくださった氏原学氏、有益な助言をいただいた飯國芳明博士と石川慎吾博士、調査を手伝ってくださった方々に深く感謝いたします。査読者の方々からは本原稿に対して有益な助言をいただきました。

## 引用文献

- 赤沢孝之・及川武久. 1995. 水理実験センター草原生態系における主要植物種の現存量の季節変化とその生態学的解析. 筑波大学水理実験センター報告 20: 69-77.
- 新出陽三. 2009. 家畜の行動の利用とその制御法, 野附巖・山本禎紀 (編) 家畜の科学 (6) 家畜の管



**Fig. 8.** Feeding amount and area on weeds in relation to body weight of goats. (a) Relationships between the feeding amounts of weeds for six months (May to October) and body weight of the goat. (b) Relationships between feeding area for six months and body weight of goats. Broken lines were calculated based on the nutrient requirements of goats (Karasawa 2004) and proportion of water contents in weeds estimated in this study. Open circles, Momoko (5-6 years old) and Aiko (4-5 years old) in this study; closed circles, Momoko (1-2 years old) and Aiko (0-1 years old) from Asakaze and Genkai-Kato (2015); triangles, Mimi (5 years old, male) from Ushiro and Genkai-Kato (2012). The body weight of Mimi was estimated at 70-90 kg according to the mean body weight of male Saanen goats (Manda 2000), because the body weight of Mimi was unknown.

- 理. 文永堂出版.
- 浅風祥子・加藤元海. 2015. ヤギの体重変化と排泄量を基にした採草量の推定. 黒潮圏科学 8: 160-167.
- 主税裕樹・内富大輔・溝口由子・福永大悟・大島一郎・高山耕二・中西良孝. 2014. セイタカアワダチソウが優占する耕作放棄水田跡地に放牧したヤギの草類選好性および除草効果. 農業生産技術管理学会誌 21(2): 41-47.
- 井柵史彦・莫文紅・加藤美恵子・及川武久. 2002. 陸域環境研究センター圃場における2001年のC3/C4混生草原のLAIと地上部バイオマスの季節変化. 筑波大学陸域環境研究センター報告 3: 17-25.
- 岩槻邦男. 1992. 日本の野生植物: シダ. 平凡社.
- 柿真理・加藤元海. 2016. 耕作放棄地におけるヤギの採食嗜好性. 黒潮圏科学 9: 156-163.
- 唐澤豊. 2004. 動物の飼料. 文永堂出版.
- 城戸英・石若礼子・飛佐学・重盛進・後藤貴文・増田泰久. 2003. ヤギを放牧した荒廃果樹園の植生変化. 日本草地学会九州支部報 33(2): 23-29.
- 小西愛・廣田秀憲. 1998. 山羊を用いた草類の嗜好性について. 新潟大学農学部研究報告 51: 34-43.
- 萬田正治. 2000. ヤギの取り入れ方と飼い方 乳肉毛皮の利用と除草の効果. 農山漁村文化協会.
- 莫文紅・井柵史彦・横山智子・及川武久. 2003. 陸域環境研究センター圃場における2002年のC3/C4混生草原のLAIと地上部バイオマスの季節変化. 筑波大学陸域環境研究センター報告 4: 109-117.
- 森田昌孝・吉田宣夫・小山浩正・堀口健一・高橋敏能. 2013. ヤギにおける林地内低木樹葉の嗜好性. 山形大学紀要(農学部) 16(4): 221-228.
- 中川孝俊. 2003. 農業構造の変化と耕作放棄地の発生要因の解明. 静岡県農業試験場研究報告 48: 63-73.
- 中井里香・朝倉康夫・松田浩典・倉田佳洋・西野治・億正樹. 2015. 河川敷野草の飼料化への試み(1). 奈良県議畜産技術センター研究報告 39: 1-12.
- 中西良孝. 2014. ヤギの科学. 朝倉書店.
- 農林水産省統計部. 2007. 解説: 2005年農林業センサス. 農林水産省大臣官房統計部.
- 奥田敏統・古川昭雄. 1990. C4植物のフロラとその日本国内における分布. 日本生態学会誌 40: 91-121.
- 長田武正. 1993. 日本イネ科植物図鑑. 平凡社.
- 佐竹義輔・原寛・亙理俊次・富成忠夫. 1989. 日本の野生植物: 木本. 平凡社.
- 千田絵里子・根岸奈央・安藤元一・小川博・川嶋舟. 2013. ふれあい動物園における大型動物の行動. 東京農業大学農学集報 58(3): 186-193.
- 千田雅之・谷本保幸・小山信明. 2002. 中山間地域の農地管理問題と放牧の可能性. 近畿中国四国農業研究センター研究資料 1: 1-74.
- 高橋秀男. 1990. 野草大図鑑. 北隆館.
- 高山耕二・岩崎ゆう・福永大悟・中西良孝. 2009. 耕作放棄水田におけるヤギの除草利用. 鹿児島大学農学部学術報告 59: 21-27.
- 卯城光・加藤元海. 2012. 耕作放棄地における生後1年未満のヤギの放牧と除草効果. 黒潮圏科学 5: 147-154.
- 横山智子・莫文紅・及川武久. 2004. 陸域環境研究センター圃場における2003年のC3/C4混生草原のLAIと地上部バイオマスの季節変化. 筑波大学陸域環境研究センター報告 5: 119-127.
- 横山智子・及川武久. 2001. 水理実験センター圃場における1999年のC3/C4植物のLAIとバイオマスの季節変化. 筑波大学陸域環境研究センター報告 1: 67-71.
- 横山智子・及川武久. 2002. 陸域環境研究センター圃場における2000年のC3/C4混生草原のLAIとバイオマスの季節変化. 筑波大学陸域環境研究センター報告 2: 37-39.
- 吉村泰幸. 2015. 日本国内に分布するC4植物のフロラの再検討. 日本作物学会紀事 84: 386-407.

#### Estimation of feeding area by goats in an abandoned cropland

Makoto Kaki<sup>1)</sup> and Motomi Genkai-Kato<sup>2)\*</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School of Integrated Arts and Science, Kochi University, 2-5-1 Akebono-cho, Kochi 780-8520, Japan

<sup>2)\*</sup> Graduate School of Kuroshio Science, Kochi University, 2-5-1 Akebono-cho, Kochi 780-8520, Japan

### Abstract

Management of abandoned croplands by herbivorous livestock like goats has received attention in recent years. The objective of the present study was to estimate the feeding area by a goat in an abandoned cropland, based on the feeding rate of the goat and growth rate of weeds. Surveys were conducted in 2016-2017 in an experimental paddock (area: 1615 m<sup>2</sup>) in an abandoned cropland in Otoyō Town, Kochi Prefecture. The study animals were two female individuals of the Japanese Saanen goat, named Momoko (5-6 years old, mean body weight: 45.4 kg) and Aiko (4-5 years old, 42.4 kg). These goats have been pastured at the paddock since their birth. The feeding rate of the goats (kg/d) was estimated by the sum of the change in body weight due to feeding and the amount of feces and urine. The growth rate of weeds (g ·

m<sup>-2</sup> · d<sup>-1</sup>) was estimated by harvesting weeds in a certain area at intervals of 1-2 months. The amounts of weeds fed by the goats for six months from May to October were estimated at 831 and 703 kg for Momoko and Aiko, respectively. The amount of weeds grown for the six months was estimated at 1.92 kg/m<sup>2</sup> in wet weight at the paddock where *Artemisia princeps* was dominant. Thus, the feeding areas by the goats were calculated to be 433 and 366 m<sup>2</sup> for Momoko and Aiko, respectively. The mass-specific feeding areas were 9.54 and 8.64 m<sup>2</sup>/kg for Momoko and Aiko, respectively. These estimates on the mass-specific feeding area were comparable with the area calculated based on the nutrient requirements of goats.

**Key words:** Abandoned cropland, body weight, goat, grassland management.