

中国青海省東チベット高原
放牧ヤクの行動が
生態系物質循環に及ぼす影響

課題番号：15255020

平成15年度～平成18年度科学研究費補助金
基盤研究（A）（海外学術調査）

研究成果報告書

平成19年4月

研究代表者 長谷川 信美

宮崎大学農学部 准教授

目 次

序文	i
研究組織	v
交付決定額	vi
研究発表	vi
研究経過	x
研究実績の概要	xii
調査点描	xiv
研究報告	
Differences in yak (<i>Bos grunniens</i>) grazing behaviour and chemical composition of feces in the southern and northern Qinghai-Tibetan Plateau in China	1
Botanical composition, aboveground biomass and grazing behaviour of yak (<i>Bos grunniens</i>) in the southern rangeland of Qinghai Province, China	9
Effect of long-term seasonal grazing of yak (<i>Bos grunniens</i>) on botanical diversity of <i>Potentilla fruticosa</i> alpine rangeland in Qing-Zang Plateau	13
チベット高原北部金露梅 (<i>Potentilla fruticosa</i>) 優占野草地における暖季放牧地と寒季放牧地でのヤク (<i>Bos grunniens</i>) の採食行動および採食植物	17

チベット高原北部におけるヤク (<i>Bos grunniens</i>) の放牧季節の違いが金露梅 (<i>Potentilla fruticosa</i>) 優占草地の植物の種多様性と現存量に及ぼす影響	37
チベット高原北部金露梅 (<i>Potentilla fruticosa</i>) 優占野草地におけるヤク (<i>Bos grunniens</i>) の暖寒2季輪換放牧地での夜間繋留地からの距離による植生の空間的変動	45
中国青海省東チベット高原のヤク放牧地の草種と土壌化学性について	68
単独測位 GPS データロガーBGDL による放牧ヤクの行動調査	75
中国青海省南部の野草放牧地におけるクチグロナキウサギ (<i>Ochotona curzoniae</i>) による被害	97
中国青海省南部の野草放牧地における草地生産量の測定	99
中国青海省のチベット高原における草原植生の優占種の分布について	101
中国青海省北部野草放牧地におけるヤク (<i>Bos grunniens</i>) の行動	102
中国青海省南部野草放牧地におけるヤク (<i>Bos grunniens</i>) の行動	104
中国東チベット高原南部と北部におけるヤク (<i>Bos grunniens</i>) の排糞行動と糞成分の違い	106
青海省北部野草放牧地におけるヤクの放牧強度が植生群落構成に及ぼす影響	108
ヤクの放牧強度が野草地の植物の種多様性と現存量に及ぼす影響	110
ヤクのルーメン内プロトゾア構成	112

序 文

長谷川 信美（研究代表者）

ヒマラヤ山脈の北側に広がるチベット高原（図 1）は、面積およそ 250 万 km²で、中国の草地総面積の約 1/3 を占める自然草地が広がっている。この広大な野草地で、数千年にわたりヤク・ヒツジ・ヤギなどの通年放牧がなされてきた。しかし、近年、地球温暖化の影響によりチベット高原の乾燥化、砂漠化が進行し、過放牧などによって植生の荒廃が進み、植物の種多様性や持続的な家畜生産性の低下・喪失が危惧されている。この地域は黄河、長江、メコン川の源流部に位置し、植生の荒廃による草地環境の劣化は、中国のみならず、アジア大陸、ひいては地球の広範な地域の環境にも大きな影響を及ぼしつつある。日本においても、年々、黄砂の観測日数が増加し、飛来地域は全国に拡大している。

ヤク (*Bos grunniens*, ウシ科) (図 2) は、チベット高原を中心に飼育されている遊牧民族の生活に不可欠な家畜であり、中国青海省およびチベット自治区における標高 2500–5500m の高原に広がる自然草原地帯には、およそ 1300 万頭が遊牧あるいは移牧により飼育されている。チベット高原では、4 季（春、夏、秋および冬）もしくは 3 季（春秋、夏および冬）に放牧地を分け、水と草を求めて周年遊牧するのが従来の自然草地の利用方式であった。しかし、近年、中国政府による遊牧民の定住化政策により、野草放牧地は夏（暖季）と冬（寒季）の 2 季に分けて輪換放牧により周年利用されることが多くなってきた。更に、遊牧民の人口増加に伴い飼育頭数が増大し、過放牧となり草地を荒廃させる要因となっている。

本研究-日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 (A) 課題番号 15255020 : 「中国青海省東チベット高原放牧ヤクの行動が生態系物質循環に及ぼす影響」、平成 15 年度～平成 18 年度、研究費総額 21,060 千円-では、青海省東チベット高原北部（海北藏族自治州回族自治州）と南部（玉樹藏族自治州玉樹県）に位置する野草放牧地において、ヤクの 24 時間行動観察、排泄行動観察と排糞量の測定、糞成分分析、放牧地植生調査、採食植物調査、土壌成分分析、GPS 装置 (BGDL) による行動軌跡の記録・解析を行った。北部は青海省の優良放牧モデル地区で、各農家ごとに家族人数に応じて土地は分割され、放牧地には牧柵が設置されている。また、繁殖用種雄ヤクは各農家毎に所有している。

南部は放牧地の荒廃と砂漠化の進行が懸念されている地域で、数家族ごとに土地は割り当てられてはいるが、境界の柵はない。各農家は種雄ヤクを所有せず、繁殖は野生雄ヤクにより行われている（図3）。農家は、生まれた雄のなから1頭を選び、神聖雄ヤクとして野に放す。この土地の利用・管理方式と繁殖方式の異なる2つの地域において、ヤクの行動生態とその放牧地植生および生態系物質循環に与える影響を比較研究することにより、野草地の生態系を保全して劣化・砂漠化を防ぎ、ヤクの生産性を維持し、持続的に放牧利用するために必要な基礎的データを得ることを本研究の目的とした。

4年間の研究の結果、南部は北部と比較しヤクの糞排泄成分と量から推定した生態系物質循環量はほぼ1/2と低く、ヤクは嗜好性の低い植物種さえも採食しており、過放牧となっていることが明かとなった。現状のまま放牧を続けていけば、今後植生はさらに劣化し、裸地化・砂漠化することが懸念された。しかし、生態系が良好に保たれているとされていた**南**北部においても、現在の暖寒2季輪換放牧方式では、特に暖季放牧地で植生の劣化が起きており、ヤクは繁殖に回せるだけの十分な栄養を摂取できていないことが明らかとなった。生態系を保全しながらヤクのパフォーマンスを維持・向上させていくための適正な放牧方式を検討するために、本研究に加え、科学研究費補助金外国人特別研究員研究奨励費（研究代表者：長谷川信美，共同研究者：宋 仁徳，チベット高原東部における放牧ヤクの持続的生産システムモデルに関する研究，課題番号：16・04482，平成16年度～平成18年度，研究費総額1,200千円）により、北部において2006年より放牧強度試験を開始した。南部でも2008年度から同様の試験を行う準備が進んでいる。本研究の成果が、チベット高原生態系保全とヤクの持続的生産の方策を探るための礎となることを心から願ってやまない。

本研究の実施にあたり、門源回族自治州畜牧獣医ステーションと草地ステーション、玉樹県畜牧獣医センターと草地センターの多数の獣医師・畜産草地指導員の方々、門源回族自治州皇城郷での円滑な研究実施にご配慮下さり放牧強度試験に放牧地とヤクをご提供くださり、ご自宅を開放してくださった沈 存副 村党書記長ご夫妻、牧場内にテントを張りヤクの行動観察をすることを快く承諾して下さり、新築の家までお貸し下さった皇城郷の周・曲ご夫妻、玉樹県国営種畜牧場と県牧場のヤク飼育農家の方々、青海大学畜牧獣医科学院教員・職員の方々、またお名前を挙げられなかったが、そのほかたくさんの方々にご協力とご支援をいただいた。ここに心から深く感謝申し上げる。



図 1. チベット高原および調査地。

Mengyuan : 青海省海北蔵族自治州門源回族自治県

Yushu : 青海省玉樹蔵族自治州玉樹県

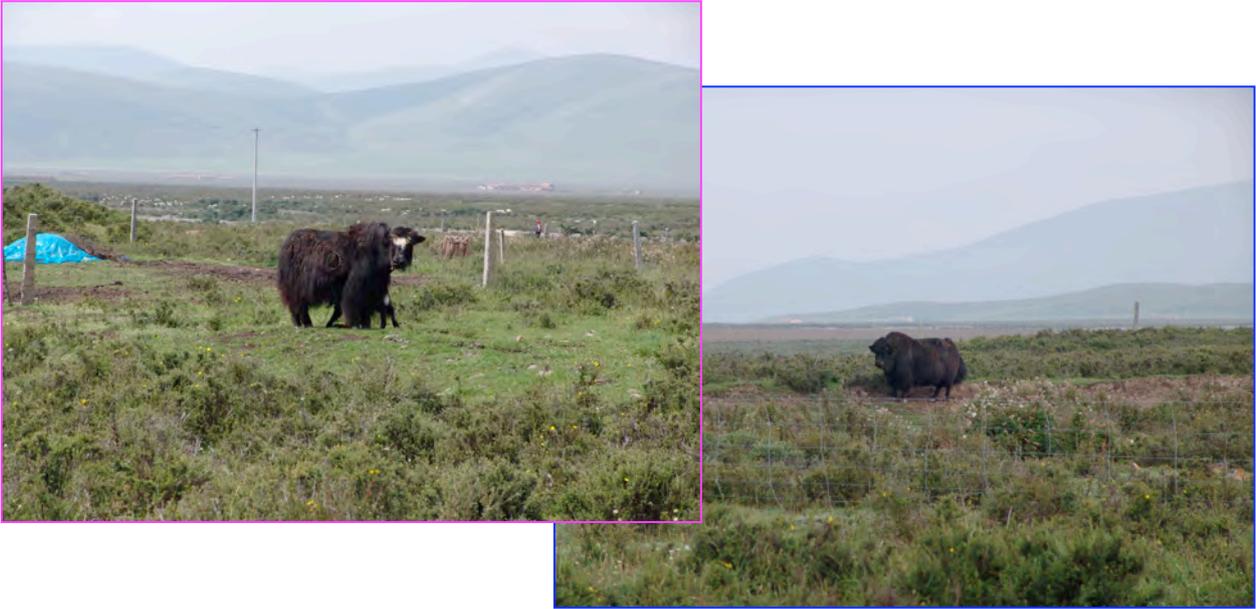


図 2. ヤク (*Bos grunniens*) -門源県皇城郷周牧場。
左-雌, 右-雄。



図 3. 神聖雄ヤク (左) と雌ヤク (右) -玉樹県国営種畜牧場。
神聖雄ヤクは, 印として赤い布がつけられており, 殺すことは禁じられている。

研究組織

研究代表者	長谷川信美	宮崎大学・農学部・准教授
研究分担者	西脇 亜也	宮崎大学・農学部・教授
研究分担者	福田 明	静岡大学・創造科学技術大学院・教授
研究分担者	樋口 広芳	東京大学大学院・農学生命科学研究科・教授
研究分担者	井戸田幸子	宮崎大学・農学部・助教
研究分担者	園田 立信	宮崎大学農学部・名誉教授（平成15～16年度）
共同研究者	宋 仁徳	中国青海省玉樹藏族自治州畜牧獣医センター・副所長 日本学術振興会外国人特別研究員（平成16年11月～平成18年11月）
共同研究者	周 青平	青海大学・畜牧獣医科学院・草原研究所・所長
共同研究者	馬 有泉	青海大学・副学長 青海大学・畜牧獣医科学院・院長
研究協力機関	中国青海省海北藏族自治州門源回族自治州畜牧獣医ステーション 同 草地ステーション 中国青海省玉樹藏族自治州玉樹県畜牧獣医センター 同 草地センター 青海大学畜牧獣医科学院	

研究協力者

李 国梅・小菌 正治・秋田 優・村山 樹・松隈 聖子・長谷川岳子
雷 豪清・馬 更禄・徐 寧・諾布文江・才仁旦周・呂 玉城・韓 世春・老 賽巴・
馮 生青・周 玉清・索南元旦・陳 継勇・久 才仁・国 楊・張 永明・喬 扎西・
李 德鑫・馬 存寿・王 援軍・穆 莉霞・李 海珠・郭 志宏・王 有良・趙 慶章・
張 建新・馬 成松・柴 順倉・李 小青・李 世双・王 紹慶・李 生明

交付決定額（配分額）

（合計金額：円）

年度	直接経費	間接経費	合計
平成 15 年度	6,500,000	1,950,000	8,450,000
平成 16 年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
平成 17 年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
平成 18 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
総 計	16,200,000	4,860,000	21,060,000

研究発表

(1) 学会誌

チベット高原北部におけるヤク (*Bos grunniens*) の放牧季節の違いが金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 優占草地の植物の種多様性と現存量に及ぼす影響. 李 国梅・長谷川信美・宋 仁徳・井戸田幸子・王 有良・馮 生青. *Animal Behaviour and Management* 43:1-8. 2007年3月25日.

チベット高原北部におけるヤク (*Bos grunniens*) の暖寒2季輪換放牧での夜間繫留地からの距離による金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 優占野草地植生の変動. 李 国梅・長谷川信美・宋 仁徳・福田 明・李 海珠・徐 有学・徐 寧. *Animal Behaviour and Management* 43(2). 2007年6月発行予定.

(2) 国際学会講演

The 2nd China - Japan - South Korea Joint Symposium on Grassland Agriculture and Livestock Production : Monitoring, prediction and mitigation of desertification in China by collaboration work (a volunteer session organized by the Japanese Grassland Society)

Differences in yak (*Bos grunniens*) grazing behaviour and chemical composition of feces in the southern and northern Qinghai-Tibetan Plateau in China. HASEGAWA Nobumi, SONG Rende, KOZONO Masaharu, IDOTA Sachiko, NISHIWAKI Aya, LI Guomei, FUKUDA Akira,

ZHOU Qingping. *Acta Prataculturae Sinica* 15 (suppl.): 286-288. 2006 年 7 月 31 日.

Botanical composition, aboveground biomass and grazing behaviour of yak (*Bos grunniens*) in the southern rangeland of Qinghai Province, China. SONG Rende, HASAGAWA Nobumi, IDOTA Sachiko, LI Guomei, NISHIWAKI Aya, JIU Cairen, XU Ning, ZHOU Qingping. *Acta Prataculturae Sinica* 15 (suppl.):289-291. 2006 年 7 月 31 日.

(3) 国際学会ポスター発表

Effect of long-term seasonal grazing of yak (*Bos grunniens*) on botanical diversity of *Potentilla fruticosa* alpine rangeland in Qing-Zang Plateau. LI Guomei, IDOTA Sachiko, HASEGAWA Nobumi, SONG Rende, WANG Youliang, FENG Shengqing. *Acta Prataculturae Sinica* 15 (suppl.):149-151. 2006 年 8 月 1 日.

(4) 国内学会口頭・ポスター発表

中国青海省のチベット高原における草原植生の優占種の分布について. 西脇亜也・宋仁徳・李国梅・長谷川信美・井戸田幸子・福田明. 植生学会第9回講演要旨集:22. 2004 年 10 月 30 日.

中国青海省南部の野草放牧地におけるクチグロナキウサギ (*Ochotona curzoniae*) による被害. 宋仁徳・雷豪清・李国梅・馬更禄・徐寧・井戸田幸子・長谷川信美・西脇亜也. 日本草地学会誌第 51 巻別号: 10-11. 2005 年 3 月 30 日.

中国青海省南部の野草放牧地における草原土壌. 井戸田幸子・西脇亜也・李国梅・宋仁徳・長谷川信美・福田明・諾布文江・才仁旦周・呂玉城・徐寧・韓世春・周青平・老賽巴. 日本草地学会誌第 51 巻別号: 116-117. 2005 年 3 月 31 日.

中国青海省南部の野草放牧地における草地生産量の測定. 西脇亜也・井戸田幸子・李国梅・宋仁徳・長谷川信美・福田明・諾布文江・才仁旦周・呂玉城・老賽巴. 日本草地学会誌第 51 巻別号: 118-119. 2005 年 3 月 31 日.

中国青海省北部野草放牧地におけるヤク (*Bos grunniens*) の行動. 長谷川信美・宋仁徳・李国梅・井戸田幸子・小藺正治・秋田優・園田立信・福田明・馮生青・周玉清・周青平. 日本草地学会誌第 51 巻別号: 372-373. 2005 年 3 月 30 日.

中国青海省南部野草放牧地におけるヤク (*Bos grunniens*) の行動. 長谷川信美・宋仁徳・李国梅・井戸田幸子・小藺正治・秋田優・西脇亜也・園田立信・福田明・

索南元旦・陳 継勇・周 青平. 日本草地学会誌第 51 卷別号 : 374-375. 2005 年 3 月 30 日.

中国青海省のチベット高原における野草放牧地での植生と土壌との関係. 西脇亜也・井戸田幸子・李 国梅・宋 仁徳・長谷川信美・福田 明・諾布文江・才仁旦周・呂 玉城・呂 賽巴. 植生学会第 10 回大会講演要旨集 : B18. 2005 年 10 月 9 日.

中国東チベット高原南部と北部におけるヤク (*Bos grunniens*) の排糞行動と糞成分の違い. 小藪正治・長谷川信美・宋 仁徳・李 国梅・久 才仁・国 楊・馮 生青・張 永明・周 青平. 日本草地学会誌第 52 卷別号 : 36-37. 2006 年 3 月 28 日.

中国青海省北部野草放牧地における放牧強度が育成ヤクの採食行動に及ぼす影響. 宋 仁徳・長谷川信美・李 国梅・馬 存寿・馬 成松・張 永明・馬 占榮・馬 占オ・小藪正治・秋田 優. 日本草地学会誌第 52 卷別号 : 334-335. 2006 年 3 月 28 日.

中国青海省北部金露梅優占放牧地における成雌ヤクの採食行動. 宋 仁徳・長谷川信美・李 国梅・井戸田幸子・長谷川岳子・松隈聖子・喬 扎西・周 玉清・李 徳鑫・馬 存寿. 日本草地学会誌第 52 卷別号 : 336-337. 2006 年 3 月 28 日.

ヤクの長期季節放牧が金露梅優占草地植生に及ぼす影響. 李 国梅・長谷川信美・宋 仁徳・井戸田幸子・小藪正治・秋田 優・王 有良・馮 生青・王援軍・周 青平. 日本草地学会誌第 52 卷別号 : 338-339. 2006 年 3 月 28 日.

中国青海省南部の野草放牧地における草地植生およびヤク (*Bos grunniens*) の採食植物. 李 国梅・井戸田幸子・長谷川信美・宋 仁徳・小園正治・西脇亜也・久 才仁・徐 寧・穆 莉霞・福田 明. 日本草地学会誌第 52 卷別号 : 340-341. 2006 年 3 月 28 日.

チベット高原北部金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 優占野草地における暖季放牧地と寒季放牧地でのヤク (*Bos grunniens*) の採食量および採食植物. 李 国梅, 長谷川信美, 宋 仁徳, 李 海珠, 郭 志宏, 馮 生青, 王 有良. 日本草地学会誌第 53 卷別号 : 300-301. 2007 年 3 月 25 日.

金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 優占野草地における暖季放牧地と寒季放牧地でのヤク (*Bos grunniens*) の採食行動. 李 国梅, 長谷川信美, 宋 仁徳, 馬 存寿, 郭 志宏, 趙慶章, 張 建新, 馬 成松, 柴 順倉. 日本草地学会誌第 53 卷別号 : 302-303. 2007 年 3 月 25 日.

青海省北部野草放牧地におけるヤクの放牧強度が植生群落構成に及ぼす影響. 宋 仁徳, 長谷川信美, 李 国梅, 馬 存寿, 李 小青, 李 海珠, 李 世双, 王 紹慶, 李 生明. 日本草地学会誌第 53 巻別号 : 304-305. 2007 年 3 月 25 日.

ヤクの放牧強度が野草地の植物の種多様性と現存量に及ぼす影響. 宋 仁徳, 長谷川信美, 李 国梅, 王 有良, 馮 生青, 王 援軍. 日本草地学会誌第 53 巻別号 : 306-307. 2007 年 3 月 25 日.

(3) 学位論文

中国東チベット高原南部と北部におけるヤクの排糞行動と糞成分の違い. 小藪正治. 宮崎大学大学院農学研究科修士論文. 2006 年 2 月.

チベット高原北部金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 優占野草地におけるヤク (*Bos grunniens*) の 2 季輪換放牧システムの評価 : 暖季放牧地と寒季放牧地における採食行動, 植物の種多様性および現存量. 李 国梅. 鹿児島大学大学院連合農学研究科博士論文. 2007 年 2 月 28 日.

研究経過

本研究-日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究（A）課題番号15255020：中国青海省東チベット高原放牧ヤクの行動が生態系物質循環に及ぼす影響-の研究期間は、平成15年4月から平成19年3月までの4年間である。

本研究の準備として、平成13年8月に長谷川・井戸田・宋の3名が3日間、平成14年8月には長谷川・園田・井戸田・宋・李・周の6名が1週間、青海大学畜牧獣医科学院の協力と青海省外国専門家管理局の支援を得て、門源回族自治州皇城郷の野草放牧地において、事前調査を行った。門源回族自治州畜牧獣医センター獣医師12名の協力の下に、成雌ヤクの24時間行動観察と排泄行動記録・排糞量測定、採食行動軌跡調査と採食植物観察、草地植生調査、糞・植物・土壌サンプル採取を行った。

平成15年8月より平成18年8月まで、玉樹蔵族自治州玉樹県で3回、海北蔵族自治州門源回族自治州で4回計7回の調査・実験を行った。調査項目は事前調査と同様である。

本研究課題に加え、平成16年11月～平成18年11月に、科学研究費補助金外国人特別研究員研究奨励費（研究代表者：長谷川信美，共同研究者：宋 仁徳，チベット高原東部における放牧ヤクの持続的生産システムモデルに関する研究，課題番号：16・04482，総額1,200千円）の支給を受け、門源県において放牧強度の異なる牧区3区を設定し、育成ヤクを放牧して、同様に調査を行った。

調査期間と場所は、以下の通りである。図4に調査地概要写真を示した。

平成15年8月6日～8月22日	玉樹蔵族自治州玉樹県 国営種畜牧場
平成16年1月5日～1月16日	海北蔵族自治州門源回族自治州皇城郷
平成16年8月6日～8月27日	玉樹蔵族自治州玉樹県 県牧場
平成16年12月23日～平成17年1月11日	玉樹蔵族自治州玉樹県 県牧場
平成17年8月6日～8月19日	海北蔵族自治州門源回族自治州皇城郷
平成17年12月21日～平成18年1月7日	海北蔵族自治州門源回族自治州皇城郷
平成18年8月7日～8月23日	海北蔵族自治州門源回族自治州皇城郷

研究実績の概要

平成 15 年度

中国青海省の夏季は 2003 年 8 月に玉樹州結古鎮（標高 4100m）、冬季は 2004 年 1 月に門源回族自治県（標高 3100m）の放牧地で、ヤクの行動観察および植生調査を行った。

夏季にはヤク 3 頭の 24 時間行動観察を 4 日間連続で行った。平均で、採食時間割合は $31.5 \pm 3.2\%$ /日、反芻時間割合は $31.7 \pm 2.3\%$ /日、休息時間割合は $24.4 \pm 3.1\%$ /日、反芻/採食比は 1.02 ± 0.14 であった。3 日間平均の反芻 bout1 回当たり（吐き戻しから嚥下まで）の時間は 55.2 ± 17.1 秒、反芻 1 回当たり咀嚼数は 57.2 ± 15.6 回、反芻時咀嚼 1 回当たり時間は 0.97 ± 0.16 秒であった。また、排糞回数は 8.0 ± 1.7 回/頭/日、排尿回数は 9.5 ± 2.7 回/頭/日であった。

コドラート法による植生調査では 17 科 41 種および科不明 5 種・植物名不明 2 種を記録した。放牧地（平地）で 9 科 22 種科不明 1、放牧地（山の斜面）16 科 38 種科不明 5、禁放牧地 10 科 19 種科不明 1 であった。植物現存量（Fresh matter）は放牧地（平地） $154.4\text{g}/\text{m}^2$ 、放牧地（山の斜面） $900.3\text{g}/\text{m}^2$ および禁放牧地 $278.0\text{g}/\text{m}^2$ であった。

冬季にはヤク 3 頭の 24 時間行動観察を 3 日間連続で行った。平均で、採食時間割合は $25.4 \pm 0.8\%$ /日、反芻時間割合は $25.2 \pm 5.2\%$ /日、休息時間割合は $35.0 \pm 4.8\%$ /日、反芻/採食比は 0.99 ± 0.21 で、採食および反芻時間が短かった。3 日間平均の反芻 bout1 回当たり（吐き戻しから嚥下まで）の時間は 69.3 ± 13.0 秒、反芻 1 回当たり咀嚼数は 75.8 ± 11.2 回、反芻時咀嚼 1 回当たり時間は 0.91 ± 0.12 秒であった。また、排糞回数は 7.3 ± 2.1 回/頭/日、排尿回数は少なく 2.0 ± 1.2 回/頭/日であった。

平成 16 年度

青海省玉樹蔵族自治州玉樹県牧場野草放牧地（N33° 03′ E96° 51′、標高 4000m、面積不明、牧柵なし、通年放牧）において、2004 年 8 月 16 日～19 日 3 日間 3 頭、2004 年 12 月 27 日～12 月 31 日 4 日間 3 頭の行動観察を行った。また 5 月初旬に $50 \times 50 \times 50\text{cm}$ のプロテクトケージを 10 カ所設置し、8 月下旬と 12 月下旬に植生調査と草量調査を行った。行動は、採食・休息・反芻を含む 43 項目に分類し、姿勢を立位と横臥に区分して、2 分間隔で記録した。また夜間の反芻行動時に、食塊の吐き戻しから嚥下までの咀嚼持続時間と咀嚼回数を計測した。

採食時間は 8 月が 506.2 分/日、12 月が 418 分/日であった。反芻時間は上記観察日それぞれ 314 分/日、270.2 分/日で採食時間よりも短かった。休息行動時間は 2004 年 12 月に 8 月よりも長かった。横臥割合は 2004 年 12 月（47.1%/日）に 2004 年 8 月（33.8%/日）よりも高かった。反芻行動では食塊咀嚼持続時間が 2004 年 8 月、2004 年 12 月にそれぞれ 50.9、56.5 秒/回で、冬季に青海省北部よりも短かった。咀嚼 1 回当たり時間は 1.00～1.09 秒であった。行動パターンは 8 月には昼間に短時間横臥姿勢を示したが、冬季には連続して採食し、夜間 0 時以降の反芻行動が少なかった。

植生はイネ科（*Elymus nutus*、*Stipa* spp.、*Poa* spp.）およびカヤツリグサ科（*Kobresia humilis*、*Kobresia pygmaea*）が優占種であった。プロテクトケージ内外の草量は、8 月に 339 および $98.4\text{g}/\text{DM}/\text{m}^2$ 、12 月に 65.9 および $15.9\text{g}/\text{DM}/\text{m}^2$ であった。プロテクトケージ内外の草量差から求めた採食量は、5～8 月に $240.6\text{g}/\text{DM}/\text{m}^2$ 、9～12 月に $50\text{g}/\text{DM}/\text{m}^2$ となった。

平成 17 年度

青海省海北藏族自治州門源回族自治州門源皇城の野草放牧地 (N33° 03' E96° 51'、標高 3400m、面積 63ha、牧柵あり、通年放牧) において、2005 年 8 月 8 日～10 日、2005 年 12 月 27 日～12 月 29 日それぞれ 3 日間 3 頭の行動観察を行った。なお、ヤクを観察者に慣らすために予備観察を前日に 24 時間行った。行動は、採食・休息・反芻を含む 43 項目に分類し、姿勢を立位と横臥に区分して、2 分間隔で記録した。夜間の反芻行動時に、食塊の吐き戻しから嚙下までの咀嚼持続時間と咀嚼回数を計測した。排糞排尿行動はすべてを記録し、糞全量を採取して重量を測定した。

採食時間は 8 月に 499 分/日で 2002 年 8 月 (454 分) よりも短く、12 月に 408 分/日で 2004 年 1 月 (366 分) よりも長かった。反芻時間は 8 月に 290 分/日で 2002 年 8 月 (351 分) よりも短く、12 月に 414 分/日で 2004 年 1 月 (504 分) よりも短かった。反芻行動では、2005 年 8 月と 2005 年 12 月にそれぞれ、食塊咀嚼持続時間が 59.9、64.2 秒/回、咀嚼数が 59.9、64.2 回/食塊、咀嚼 1 回当たり時間が 0.96、1.08 秒/回であった。8 月・12 月ともに、玉樹での 2004 年 8 月・2004 年 12 月の食塊咀嚼持続時間 (それぞれ 50.9、56.5 秒/回)・咀嚼数 (それぞれ 51.6、52.6 回/食塊) よりも多かった。

排糞回数は 8 月に 8.87 回、12 月に 5.42 回、排尿回数は 8 月に 8.67 回、12 月に 3.50 回、糞排泄量は 8 月に 1666.6gDM/日、12 月に 1493.1 gDM/日であった。8 月における成分排泄量は 22.9gN/頭/日、779.0g NDF/頭/日、174.5gCAsh/kgBW/日、体重当たり排泄量は 0.124gN/kgBW/日、4.22gNDF/kgBW/日、0.94 gCAsh/kgBW/日であった。

平成 18 年度

本年度は、暖季放牧地 (WSP) と寒季放牧地 (CSP) における放牧ヤクの採食量、採食植物、採食行動とパドック内行動位置の違いを明らかにすることを目的として調査を行った。

出現種数は、WSP では 24 属 37 種、CSP では 30 属 44 種で、いずれも *P. fruticosa* が優占種であった。WSP では 19 種、CSP では 16 種の草本の採食が確認された。上位 6 種 (属) の採食割合は WSP では 74.1%で、CSP では 84.7%であった。

ヤクの採食植物種割合と草地植生構成植物種相対優占度との間に WSP ($r=0.909$, $p<0.0001$) と CSP ($r=0.934$, $p<0.0001$) で、ともに高い有意な相関が認められた。しかし、採食植物各種の割合と Preference index (WSP: $r=0.184$, および CSP: $r=0.188$, $p>0.05$) 間の相関は低かった。

採食量は WSP では 5045 g/head/day, CSP では 4274 g/head/day で、体重当たり採食量は WSP が CSP よりも多かった ($p<0.05$)。

放牧行動軌跡を GPS により測定した。夜間繫留パドックゲートからの平均距離は、WSP が 449.2m, CSP が 334.2m であった。ヤクの採食行動では、パッチ当たりバイト数、パッチ当たり FS 数、パッチ内歩数、パッチ内バイト速度は WSP が CSP よりも有意に大きかった ($p<0.001$)。パッチ間歩数は WSP が CSP よりも有意に少なかった ($p<0.01$)。

これらのことから、ヤクの摂取量の多い植物と嗜好性の高い植物とは一致せず、草地における可食草種構成の変化によって変動することが明らかになった。また、ヤクはパドック (季節) と時間帯により採食行動とその位置を変えて、牧区全体を利用することで栄養摂取量を最大にしようとしていると考えられた。



玉樹県・国営種畜牧場・平成 15 年 8 月調査地



門源县・皇城郷・平成 16 年 1 月調査地



玉樹県・県営牧場・平成 16 年 8 月調査地



玉樹県・県営牧場・平成 16 年 12 月調査地



門源县・皇城郷・平成 17 年 8 月調査地



門源县・皇城郷・平成 17 年 12 月調査地



門源县・皇城郷・平成 18 年 8 月調査地



門源县・皇城郷・平成 17・18 年放牧強度試験地

図 4. 調査地概要写真。

調查点描



研 究 報 告

チベット高原北部金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 優占野草地における
暖季放牧地と寒季放牧地での
ヤク (*Bos grunniens*) の採食行動および採食植物

長谷川信美¹・宋 仁徳¹・李 国梅²・福田 明³

¹宮崎大学農学部

²鹿児島大学大学院連合農学研究科

³静岡大学創造科学大学院

要 約

暖寒 2 季輪換放牧金露梅 (*P. fruticosa*) 優占草地 (暖季放牧地 : WSP, 寒季放牧地 : CSP) において放牧ヤクの採食行動, 採食植物の選択, パドック内位置とそれらの放牧季節による違いについて検討した。その結果, WSP と CSP において, いずれも *P. fruticosa* が優占種であった。WSP では *K. humilis* が続いて優占する種で, *P. pratensis*, *P. anserina*, *P. dichotoma*, *L. nanum*, *E. nutans*, *C. atrofusca* などその次に優占する種となっていたのに対して, CSP では *P. pratensis* が続いて優占する種で, イネ科の *S. purpurea*, *E. nutans*, カヤツリグサ科の *C. atrofusca*, *K. capillifolia* およびタデ科の *P. viviparum* など草高の高い草種がその次に優占する種であった。採食植物は, WSP では *Kobresia* spp (28.8%) と *Poa* spp (22.1%) が最も多く, 上位 7 種 (属) の採食割合は 79.3% で, 19 種 (属) の採食を確認した。CSP では *Poa* spp (35.9%) の採食が最も多く, 次に *S. purpurea* (14.1%), *Kobresia* spp (13.3%) が多く採食された。上位 6 種の採食割合が 84.7% で, 16 種 (属) の採食が確認された。WSP と CSP でともに木本植物の採食はなかった。WSP では *Astragalus* spp が最も好まれ, 続いて *S. purpurea* > *A. umbellata* > *T. mongolicum* > *G. diuersifolia* > *Poa* spp の順に好まれた。CSP では *S. superba* > *Astragalus* spp > *A. umbellate* > *L. nanum* > *Kobresia* spp > *Poa* spp の順に好まれた。*Carex* spp, *Potentilla* spp, *K. cristata*, *H. tibeticum* は WSP と CSP の両方で避けられた。ヤクの採食植物各種の割合は草地植生構成種の相対優占度との間に WSP と CSP でともに高い相関を示したが, 嗜好性を示す指数との間の相関は低く, 摂取量の多い植物と嗜好性の高い植物とは一致しなかった。

体重当たり日採食量は WSP で 33.4 gDM/kgBW/day, CSP で 20.5 gDM/kgBW/day で, WSP が CSP よりも多かった ($p<0.05$)。しかし本来 1 年 1 産のヤクが 2 年に 1 産しかしていないことから, 暖季に繁殖に必要な栄養は摂取できていないと考えられた。採食行動を午前 (AM) と午後 (PM) で比較すると, WSP ではパッチ内採食時間とパッチ間移動時間はともに AM が PM よりも長く ($p<0.001$), パッチ内 FS 数とバイト数はいずれも PM が AM よりも有意に多かった ($p<0.0001$)。CSP では WSP よりもパッチ内バイト数が少なく, バイト速度が遅く, FS 数とパッチ内歩数が少なく, パッチ間歩数は多かった。また, PM には AM と比較し, 単位時間当たり訪問パッチ数は 1.9 倍に増加したが, パッチ内採食時間は 0.57 倍, パッチ内バイト数 0.56 倍, FS 数 0.34 倍に減少し, パッチ間移動時間と歩数も減少した。ヤクのパドック内位置分布を時間帯により比較すると, WSP と CSP のどちらも P1 (WSP : 8:02–12:00, CSP : 8:32–12:00) にはパドック全域に分布し, 飲水行動の行われた P2 (WSP : 12:02–15:30, CSP : 12:02–15:00) には牧柵ゲート付近に分布したが, P3 (WSP : 15:32–19:00, CSP : 15:02–18:00) には WSP ではパドック全域に, CSP では 600m 以内に分布した。

これらのことから, ヤクの採食植物種選択は優占度に影響され, パドックと時間帯により採食行動とその位置を変えて栄養摂取を最大にしようとしていたが, 暖季と寒季の両季節ともに, 十分な栄養を摂取できていない状態にあり, 草地の劣化がヤクの生産性にも影響を及ぼしていると推察された。

1. 緒言

草食動物による選択採食は採食行動や最適採食戦略理論の核心的な問題であり, 放牧生態学研究の基本的な問題の一つでもある。家畜の選択採食とそれに影響する要因については詳細な論述がなされている (ARNOLD and HILL 1972)。放牧家畜による植物の選択採食に影響する要因としては, 植物の種構成, 空間構造, 現存量, 栄養成分, 形態的特徴, 味とにおい, 生育季節と生育期などがあり, 植物の多くの要因が関わっている (BLACK and KENNEY 1984, O'REAGAN 1993)。放牧家畜は採食の過程で一定の植物選択性を示すことが多く, 特に草地の植物構成が多様で, 植生分布が複雑で, 利用可能な牧草が豊富な時に家畜の採食植物選択性は強いが, 草地植生組成が比較的単純であれば, 家畜は弱い選択性しか示さない (ARNOLD 1966)。近年, 放牧生態学の発展により放牧家畜の行動

に関する研究が多く行われているが、草地植生と放牧ヤクの採食行動との関係に対する検討はいまだ行われていない。そこで、本研究では、金露梅の優占する暖寒2季輪換放牧草地において、放牧ヤクの採食行動、採食植物、牧区内位置とその季節による変動を明らかにすることを目的とした。

2. 材料および方法

2.1 調査地、放牧地および家畜管理

調査地の位置を図1に示した。調査地は、中国チベット高原北部祁連山脈北支脈南側(37°35'N 101°25'E)に位置する中国青海省門源回族自治州皇城郷の緩斜面野草放牧地で、標高は3280–3340m、年間降水量は509.3mm、気温は−31.5–27.5°Cである。野草放牧地は*P. fruticosa*(金露梅)が優占種で、*Kobresia humilis*, *Poa pratensis*, *Elymus nutans*, *Kobresia capillifolia*などが次に優占する種である。

放牧地パドック(牧区)配置図を図2に示した。本放牧地では過去20年間以上にわたり、暖季放牧パドック(WSP)では面積31.9haに約50頭のヤクを4月中旬から10月中旬まで約185日間、寒季放牧パドック(CSP)では面積23.2haに約45頭のヤクを10月中旬から翌年の4月中旬まで約180日間放牧する輪換放牧が行われ、年により野草の生育量に従って利用期間の調整を行っている。畜舎はなく、夜間は住居に近接するパドックにヤクを繋留し、朝から夕方まで草地に放牧した。飲水は日中1–2回パドックに隣接する川で行わせた。夏季は朝8時から19時まで、冬季は朝8時30分から18時まで放牧を行った。

2.2 植生調査

WSPにおいて2005年8月6–10日、CSPにおいて12月26–30日に、50mのライントランセクトを24本設置し、系統抽出ポイント法によって1m間隔で出現した植物種名および草高(または樹高)を記録し、植物種ごとの出現頻度と植物高を求めた。また、パドック毎に50cm×50cmのコドラート法で植物の植被率および種別の被度を求めた。

植物種*i*の優占度を種の重要値(Importance value, 以下:IV)(任1998)で表した。

$$IV_{3i} = (HT'_i + C'_i + Fi')/3$$

ここで、 HT'_i 、 C'_i 、 Fi' は群落構成種の植物高(HT)、被度(C)および出現頻度(F)の合計をそれぞれ100%としたときの植物種*i*の相対値である。

2.3 採食植物と採食量の調査

2.3.1 採食植物

ヤクは警戒心が強く接近しにくいいため、採食植物は糞の顕微鏡による検査法 (SPARKS and MALECHECK 1968, SANDERS *et al.* 1980, VAVRA and HOLECHEK 1980) を用いて推定した。糞は24時間の排糞全量を採取して供試した。なお, *Kobresia* spp, *Poa* spp, *Astragalus* spp, *Polygonum* spp, *Carex* spp, *Aster* spp, *Potentilla* spp, *Gentiana* spp などの植物については属単位で集計した。

植物種 *i* の採食割合は以下のように求めた。

採食割合 : PDi (Proportion in diet) = 植物種 *i* の細胞壁破片数/全植物細胞壁破片数

2.3.2 植物選択性

植物種 *i* のヤクによる選択性を Preference index および Ivlev's electivity index (Ivlev 1961) の2つの変数により評価した。

Preference index : Pli = PDi / IVi

Ivlev's electivity index : IELi = (PDi - IVi) / (PDi + IVi)

2.3.3 採食量

採食量は全糞採取による 4N 塩酸不溶灰分 (AIA) 法によって推定した。採食植物は模擬サンプリング法により採取し、電子レンジを用いて恒量になるまで乾燥して分析に供した。

採食量 = 排糞量 × 糞中 AIA 含量 / 草中 AIA 含量

体重当たり採食量を推定するために、ヤクの胸囲と体長を測定し、以下の式 (張 1989) を用い体重を推定した。

ヤクの体重 (W) : $W = (\text{胸囲}^2 \times \text{体長}) \times 0.75 / 10800$

2.4 行動調査

2.4.1 採食行動調査

WSP では 2005 年 8 月 8・9 日の 2 日間, CSP では 2005 年 12 月 27・28・29 日の 3 日間, 3 頭のヤクの採食行動の観察を行った。観察は朝の放牧開始後に採食行動が安定してから行い, 9 時-12 時を午前 (AM), 14 時-17 時を午後 (PM) とし, 1 頭につき午前と午後各 20 分間観察した。観察時間中には, 各パッチにおける採食開始と終了時間 (採食時間), バイト数, 歩 (ステップ) 数およびフィーディングステーション (FS) 数, さらにパッチ間の移動時間と歩数を記録した。

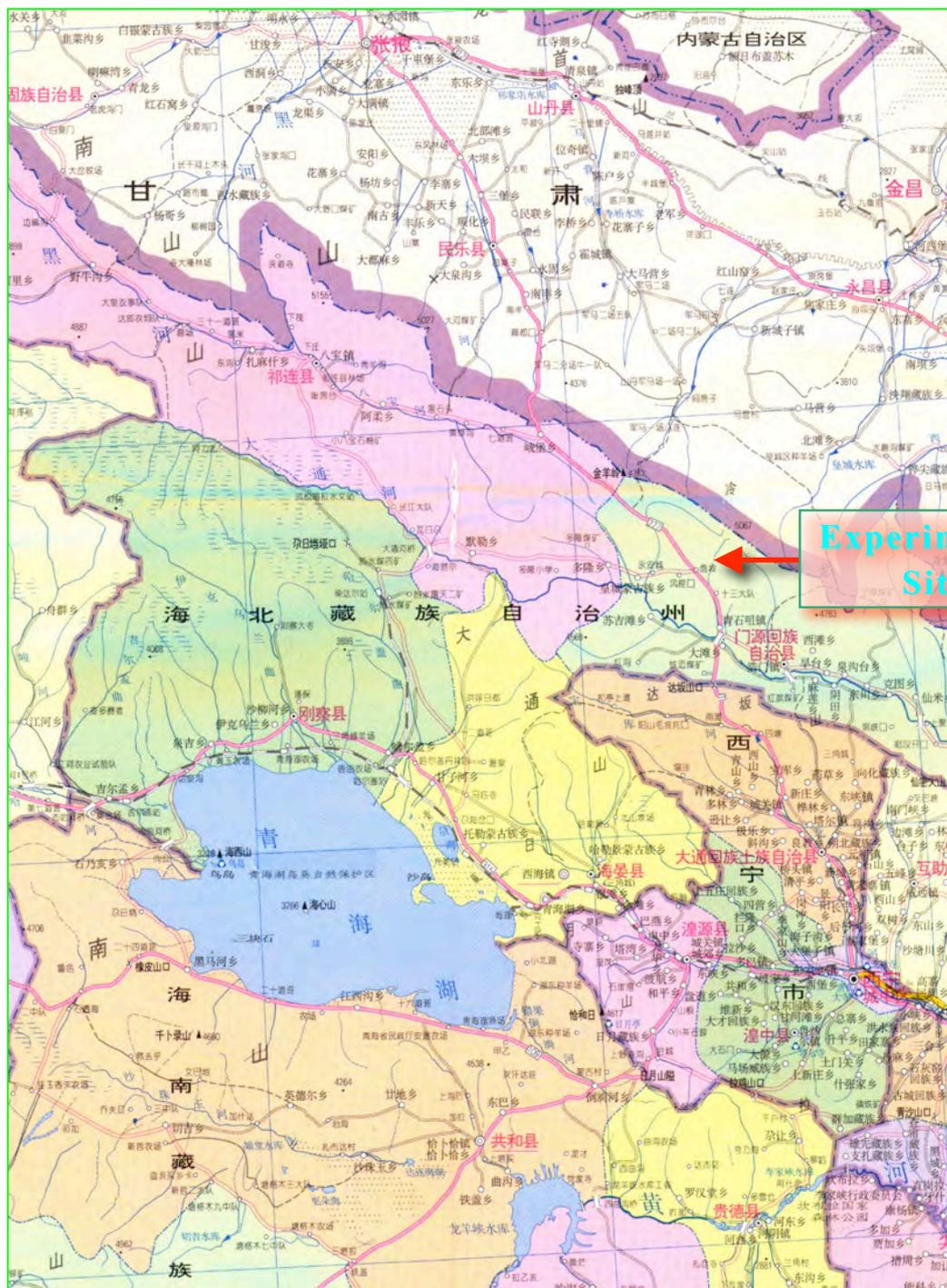


Fig. 1. Experimental site in Mengyuan Prefecture, Heibei State, Qinghai Province, China.

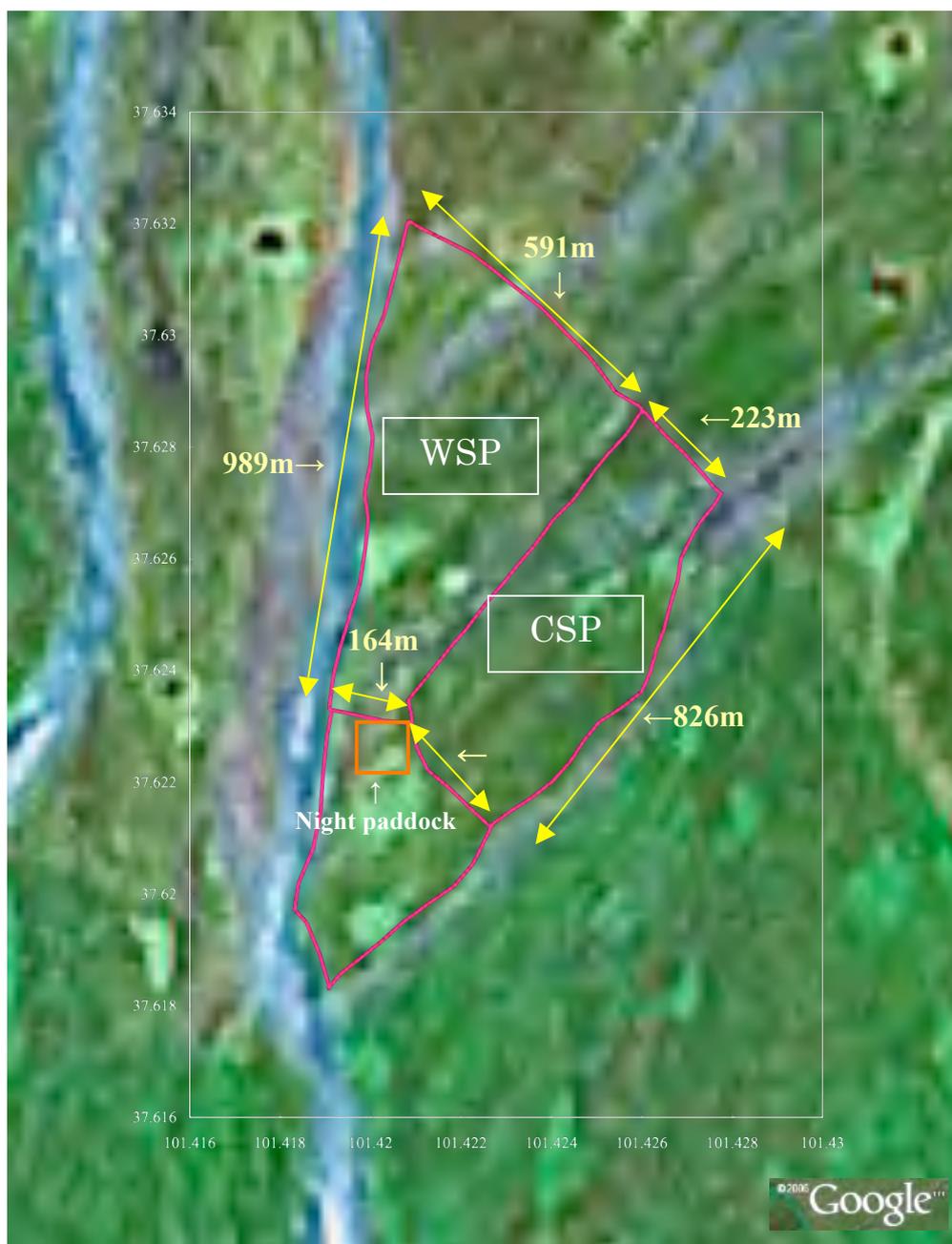


Fig. 2-2. Layout of two experimental paddocks .

Yaks were rotationally grazed between WSP in warm season (mid-April to mid-October) and CSP in cold season (rest of the year) and were kept in the night paddock during night. The latitudes and longitudes of fence line were recorded with GPS receiver and the lengths of fence lines were calculated from those data.

2.4.2 行動位置調査

WSP では 2005 年 8 月 8・9・10 日 8:00–19:00, CSP では 2005 年 12 月 27・28・29 日 8:30–18:00 に, ヤク 5 頭の頭部上に GPS 受信機 (BGDL-II, (株) 光電製作所) (福田 2002, FUKUDA *et al.* 2003, 福田ら 2005) を装着し, パドック内での位置の緯度・経度を記録した。それらの緯度・経度データを用い, WSP および CSP の夜間繫留パドックへのゲートからのヤクの直線距離を以下の Hubeny の距離計算式 (Hubeny 1988) を用いて計算した。子午線曲率半径および卯酉線曲率半径は, 国際基準座標系に準拠した世界測地系に基づく測量法施行令第 2 条の 2 に定める楕円体の値により計算した。

$$DST = \sqrt{(M \times dLA)^2 + (N \times \cos(aLA) \times dLO)^2}$$

ここで,

DST = 2 点間距離

aLA = 2 点の平均緯度 (ラジアン)

dLA = 2 点の緯度差 (ラジアン)

dLO = 2 点の経度差 (ラジアン)

M (子午線曲率半径) = $6335439 / \sqrt{(1-0.006694 \times \sin(aLA))^3}$

N (卯酉線曲率半径) = $6378137 / \sqrt{(1-0.006694 \times \sin(aLA))^2}$

である。

2.5 統計処理

データは平均値 ± 標準偏差で示し, パドックまたは時間を要因として, Wilcoxon test により有意差が示された場合に, 処理区間の差の検定を Tukey-Kramer test または student t-test により行った。

3. 結果

3.1 植生

出現種数は WSP では 24 属 37 種, CSP では 30 属 44 種で, いずれも *P. fruticosa* が優占種であった。WSP では *K. humilis* が次に優占する種で, *P. pratensis*, *Potentilla anserina*, *Ptilagrostis dichotoma*, *Leontopodium nanum*, *E. nutans*, *Carex atrofusca* などその次に優占する種となっていたのに対して, CSP では *P. pratensis* が次に優占する種で, イネ科の *Stipa purpurea*, *E. nutans*, カヤツリグサ科の *C. atrofusca*, *K. capillifolia* およびタデ科の *Polygonum viviparum* など草高の高い種がその次に優占する種であった。

3.2 ヤクの採食植物

WSP と CSP におけるヤクの採食植物を表 1 に示した。WSP と CSP ではそれぞれ 19 および 16 の草本種の採食が確認された。WSP では *Kobresia* spp (28.8%) と *Poa* spp (22.1%) が最も多く採食され、続いてイネ科の *P. dichotoma* (7.0%) , *E. nutans* (5.5%) , キク科の *L. nanum* (5.4%) およびマメ科の *Astragalus* spp (5.3%) が多く採食された。これらにイネ科の *S. purpurea* (5.2%) を加えた上位 7 種 (属) の採食割合は 79.3%となった。CSP では *Poa* spp (35.9%) の採食が最も多く、次に *S. purpurea* (14.1%) , *Kobresia* spp (13.3%) , *E. nutans* (8.3%) , *L. nanum* (6.9%) , *Astragalus* spp (6.3%) の順で、これら上位 6 種 (属) が 84.7%を占めた。なお、WSP・CSP ともに木本植物の採食はみられなかった。

3.3 ヤクによる植物選択性

Preference index と Ivlev's electivity index (表 1) によると、WSP では *Astragalus* spp が最も好まれ、続いて *S. purpurea* > *Androsace umbellata* > *Taraxacum mongolicum* > *Gueldenstaedtia diuersifolia* > *Poa* spp の順に好まれた。CSP では *Saussurea superba* が最も好まれ、続いて *Astragalus* spp > *L. nanum* > *A. umbellata* > *Kobresia* spp > *Poa* spp, *S. purpurea* の順で好まれた。他方、*Carex* spp, *Potentilla* spp, *Koereria cristata*, *Helictotricum tibeticum* は WSP と CSP の両方で避けられた。*T. mongolicum* は WSP では好まれたが、CSP では採食されなかった。

採食植物の相対優占度、採食割合、Preference index および Ivlev's electivity index 間の相関係数を表 2 に示した。ヤクの採食植物各種の割合と草地植生構成植物各種の相対優占度との間に WSP ($r=0.909$, $p<0.0001$) と CSP ($r=0.934$, $p<0.0001$) でともに高い相関が認められた。しかし、採食植物各種の割合と Preference index (WSP: $r=0.184$ および CSP: $r=0.188$, $p>0.05$) との間の相関は低く、Ivlev's electivity index とは WSP で $r=0.288$ ($p>0.05$)、CSP では $r=0.488$ ($p<0.05$) であった。

3.4 ヤクの採食量

WSP と CSP におけるヤクの採食量を表 3 に示した。ヤクの採食量は WSP では 5045 g/head/day で、CSP では 4274 g/head/day であった。1 頭当たりの採食量では両牧区の間には有意差が認められなかったものの、体重当たりの採食量は、WSP では 33.4 gDM/kgBW/day、CSP では 20.5 gDM/kgBW/day で、WSP が CSP よりも多かった。代謝体重当たりの採食量も WSP>CSP ($p<0.05$) となった。

Table 1. Selection by yaks of major herbaceous plants in rotationally grazed warm- and cold-season paddocks in *Potentilla fruticosa* alpine rangeland.

Species (genus)	Proportion in paddock ¹		Proportion in diet		Preference index		Ivlev's electivity index	
	WSP ²	CSP ²	WSP	CSP	WSP	CSP	WSP	CSP
<i>Kobresia</i> spp	22.67	7.55	28.85	13.26	1.27	1.76	0.12	0.27
<i>Poa</i> spp	13.94	24.07	22.09	35.92	1.58	1.49	0.23	0.20
<i>Ptilagrostis dichotoma</i>	6.99	2.91	6.95	2.28	0.99	0.78	0.00	-0.12
<i>Elymus nutans</i>	5.61	8.60	5.52	8.28	0.98	0.96	-0.01	-0.02
<i>Leontopodium nanum</i>	6.64	3.31	5.35	6.92	0.81	2.09	-0.11	0.35
<i>Astragalus</i> spp	1.96	1.11	5.29	6.33	2.70	5.70	0.46	0.70
<i>Stipa purpurea</i>	2.25	9.45	5.21	14.06	2.32	1.49	0.40	0.20
<i>Lancea tibetica</i>	2.81	0.56	3.20	0	1.14	0.00	0.06	-1.00
<i>Polygonum</i> spp	2.25	5.77	3.11	1.91	1.38	0.33	0.16	-0.50
<i>Carex</i> spp	4.17	7.04	2.87	2.54	0.69	0.36	-0.18	-0.47
<i>Potentilla</i> spp	9.29	2.79	2.79	1.36	0.30	0.49	-0.54	-0.34
<i>Androsace umbellata</i>	1.20	0.65	2.50	1.21	2.08	1.86	0.35	0.30
<i>Koeleria cristata</i>	5.28	4.15	2.10	2.28	0.40	0.55	-0.43	-0.29
<i>Saussurea superba</i>	0.83	0.16	1.23	1.25	1.48	7.69	0.19	0.77
<i>Taraxacum mongolicum</i>	0.62	0.88	1.21	0	1.95	0.00	0.32	-1.00
<i>Helictotrichon tibeticum</i>	3.92	3.67	0.80	1.15	0.20	0.31	-0.66	-0.52
<i>Plantago asiatica</i>	3.92	0	0.41	0	0.10	—	-0.81	—
<i>Gueldenstaedtia diuersifolia</i>	0.23	0	0.41	0	1.78	—	0.28	—
<i>Thalictrum alpinum</i>	1.86	0.40	0.21	0	0.11	0.00	-0.80	-1.00
<i>Draba oreades</i>	0	1.97	0	1.15	—	0.58	—	-0.26
<i>Ligularia virgaurea</i>	0	1.40	0	0	—	0.00	—	-1.00
<i>Aster</i> spp	1.13	3.21	0	0	0	0.00	-1.00	-1.00
<i>Anaphalis lactea</i>	0	1.87	0	0	—	0.00	—	-1.00
<i>Ranunculus brotherusii</i>	0	0.55	0	0	—	0.00	—	-1.00
<i>Pedicularis kansuensis</i>	0	1.25	0	0	—	0.00	—	-1.00
<i>Dracocephalum heterophyllum</i>	0	0.41	0	0	—	0.00	—	-1.00
<i>Notopterygium forbesii</i>	0.45	1.07	0	0	0	0.00	-1.00	-1.00
<i>Carum buriaticum</i>	0.16	1.01	0	0	0	0.00	-1.00	-1.00
<i>Melandrium apricum</i>	0	0.67	0	0.10	—	0.15	—	-0.74
<i>Ephedra sinica</i>	0	1.75	0	0	—	0.00	—	-1.00
<i>Oxytropis ochrocephala</i>	0.87	0.87	0	0	0	0.00	-1.00	-1.00
<i>Gentiana</i> spp	0.07	0.93	0	0	0	0.00	-1.00	-1.00

¹Importance value.

²WSP: paddock grazed in warm seasons, and CSP: paddock grazed in cold seasons by yaks for over 20 years.

Table 2. Correlation coefficients among proportion in paddock (Importance value), that in diet, preference index and Ivlev's electivity index of major herbaceous plants in rotationally grazed warm- and cold-season paddocks in *Potentilla fruticosa* alpine rangeland.

	Proportion in paddock ²	Proportion in diet	Preference index
WSP ¹			
Proportion in paddock	—	—	—
Proportion in diet	0.909***	—	—
Preference index	-0.172	0.184	—
Ivlev's electivity index	-0.051	0.288	0.945***
CSP ¹			
Proportion in paddock	—	—	—
Proportion in diet	0.934***	—	—
Preference index	-0.023	0.188	—
Ivlev's electivity index	0.317	0.488*	0.806***

¹WSP: paddock grazed in warm seasons, and CSP: paddock grazed in cold seasons by yaks for over 20 years.

²Importance value.

*p<0.05, ***p<0.001.

Table 3. Herbage intake of yak cows in rotationally grazed warm- and cold-season paddocks in *Potentilla fruticosa* alpine rangeland.

Paddock	Body weight of yak (kg)	Fecal output (g/head/day)	AIA ¹ in feces (%)	AIA in herbage (%)	Herbage intake (g/head/day)	Herbage intake (g/kgBW/day)	Herbage intake (g/kgBW ^{0.75} /day)
WSP ²	150.3±6.9 ^b	1666±269	10.47±0.12	3.45±0.13	5045±767	33.4±3.7 ^a	117.0±14.2 ^a
CSP ²	212.0±22.0 ^a	1493±86	10.33±0.06	3.61±0.04	4274±247	20.5±2.7 ^b	77.7±8.6 ^b

Values are expressed as mean ± standard deviation.

¹ Acid insoluble ash.

²WSP: paddock grazed in warm seasons, and CSP: paddock grazed in cold seasons by yaks for over 20 years.

^{ab}Means with different superscripts within a column differ significantly at p<0.05 by student t-test.

3.5 ヤクの採食行動

成雌ヤクの WSP および CSP での採食行動を表 4 に示した。パドック間で比較すると、単位時間当たり訪問パッチ数、パッチ内採食時間、パッチ内ステップ速度、パッチ間移

Table 4. Foraging behavior of yak cows in rotationally grazed warm- and cold-season paddocks in *Potentilla fruticosa* alpine rangeland.

Item	Paddock ¹ and period ²						P value	
	WSP			CSP			Paddock	Period
	All	AM	PM	All	AM	PM		
Number of patches observed	218	104	114	367	132	235	—	—
Number of patches visited per minute, patches/min	0.9±0.3	0.9±0.3 ^{ab}	1.0±0.3 ^{ab}	1.0±0.4	0.7±0.2 ^b	1.3±0.4 ^a	ns	*
Foraging time per patch, sec/patch	55.9±66.3	62.6±79.3 ^{ab}	49.7±51.3 ^{bc}	52.4±52.6	71.9±63.7 ^a	41.4±41.5 ^c	ns	***
Bite number per patch, bites/patch	67.4±76.4	71.7±81.2 ^a	63.4±71.9 ^{ab}	37.2±36.2	51.7±43.9 ^b	29.1±28.1 ^c	***	***
Bite rate within a patch, bites/sec	1.2±0.4	1.2±0.3 ^a	1.3±0.5 ^a	0.7±0.2	0.7±0.2 ^b	0.7±0.3 ^b	***	***
Number of feeding stations per patch, FS/patch	7.1±7.7	8.2±9.0 ^a	6.2±6.1 ^{ab}	5.9±16.9	10.1±27.2 ^a	3.5±3.6 ^b	***	***
Number of steps within a patch, steps/patch	6.1±7.7	7.2±9.0 ^a	5.2±6.1 ^b	2.5±3.6	2.5±3.7 ^c	2.5±3.6 ^c	***	***
Step rate within a patch, steps/sec	0.17±0.21	0.15±0.13	0.18±0.27	0.16±0.19	0.15±0.12	0.17±0.21	ns	ns
Moving time between patches, sec	10.5±18.1	7.7±18.0 ^b	13.0±17.9 ^a	8.6±12.3	13.8±18.2 ^a	5.8±5.8 ^b	ns	***
Number of steps between patches, steps	4.4±5.9	4.1±5.9 ^b	4.6±5.8 ^b	5.8±9.7	8.8±14.6 ^a	4.1±4.6 ^b	**	***
Step rate between patches, steps/sec	0.86±1.02	0.86±0.79	0.86±1.20	0.85±0.96	0.89±0.86	0.83±1.00	ns	ns

Values are expressed as mean ± standard deviation.

¹WSP: paddock grazed in warm seasons, and CSP: paddock grazed in cold seasons by yaks for over 20 years.

²Observations were carried out during the periods from 9:00 to 12:00 (AM) and from 14:00 to 17:00 (PM) for three animals.

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, and ns by Wilcoxon test.

^{abc}Means for AM and PM with different superscripts within a row differ significantly by Tukey-Kramer test (p<0.05).

動時間およびパッチ間ステップ速度には差はなかったが、パッチ当たりバイト数(67.4 vs. 37.2 bites/patch), パッチ当たり FS 数 (7.1 vs. 5.9 FS/patch), パッチ内歩数 (6.1 vs. 2.5 steps/patch), パッチ内バイト速度 (1.2 vs. 0.7 bites/sec) は WSP が CSP よりも有意に大きかった ($p<0.001$)。逆に、パッチ間歩数は WSP が CSP よりも有意に少なかった (4.4 vs. 5.8 steps, $p<0.01$)。

AM と PM を比較すると、WSP では、単位時間当たり訪問パッチ数、パッチ内採食時間、パッチ当たりバイト数、パッチ内バイト速度、パッチ当たり FS 数、パッチ内ステップ速度、パッチ間歩数、パッチ間ステップ速度に差はなかったが、AM が PM よりもパッチ内歩数 (7.2 vs. 5.2 steps/patch) は有意に多く ($p<0.05$)、パッチ間移動時間 (7.7 vs. 13.0 sec) は有意に短かった ($p<0.05$)。CSP では、AM が PM よりも、単位時間当たり訪問パッチ数 (0.7 vs. 1.3 patches/min) は少なく、パッチ内採食時間 (71.9 vs. 41.4 sec/patch) とパッチ間移動時間 (13.8 vs. 5.8 sec) が長く、パッチ当たりバイト数 (51.7 vs. 29.1 bites/patch), パッチ当たり FS 数 (10.1 vs. 3.5 FS/patch) およびパッチ間歩数 (8.8 vs. 4.1 steps) が有意に多かった ($p<0.05$)。パッチ内バイト速度、パッチ内歩数、パッチ内ステップ速度およびパッチ間ステップ速度には差はなかった。

3.6 ヤクの放牧行動軌跡と位置

図 3 に WSP, 図 4 に CSP での 3 日間のヤク 5 頭の放牧行動軌跡を示した。3 日間とも WSP では西側牧柵中間点または夜間繫留パドックへのゲートを通して、CSP では南端の夜間繫留パドックへのゲートを通して、西側柵に隣接する川で 1 日に 1-2 回の飲水を行った。

表 5 に WSP と CSP における時間帯ごとの夜間繫留パドックからの直線距離でのヤクの位置を示した。平均距離は WSP が 449.2m, CSP が 334.2m であった。時間帯ごとに距離を比較すると、いずれのパドックも P1 が最も大きく P2 が最も小さかった ($p<0.001$)。

図 5 に WSP と CSP における夜間繫留パドックからの直線距離 100m ごとのヤクの位置分布割合を P1・P2・P3 の時間帯ごとに示した。100m ごとの分布割合は、WSP では P1 が 1.6-22.7%, P3 が 2.0-31.2%で、全体に分布したが、飲水行動の行われる時間帯の P2 ではゲート位置 (325m) 近傍の 300-400m が 76.8%を占め、500m 以上の地点には分布しなかった。CSP では、P1 が 0.3-16.0%の範囲で全体に分布したが、P2 では 500m 以下に 4.4-30.0%, P3 では 600m 以下に 7.0-30.4%の分布を示した。

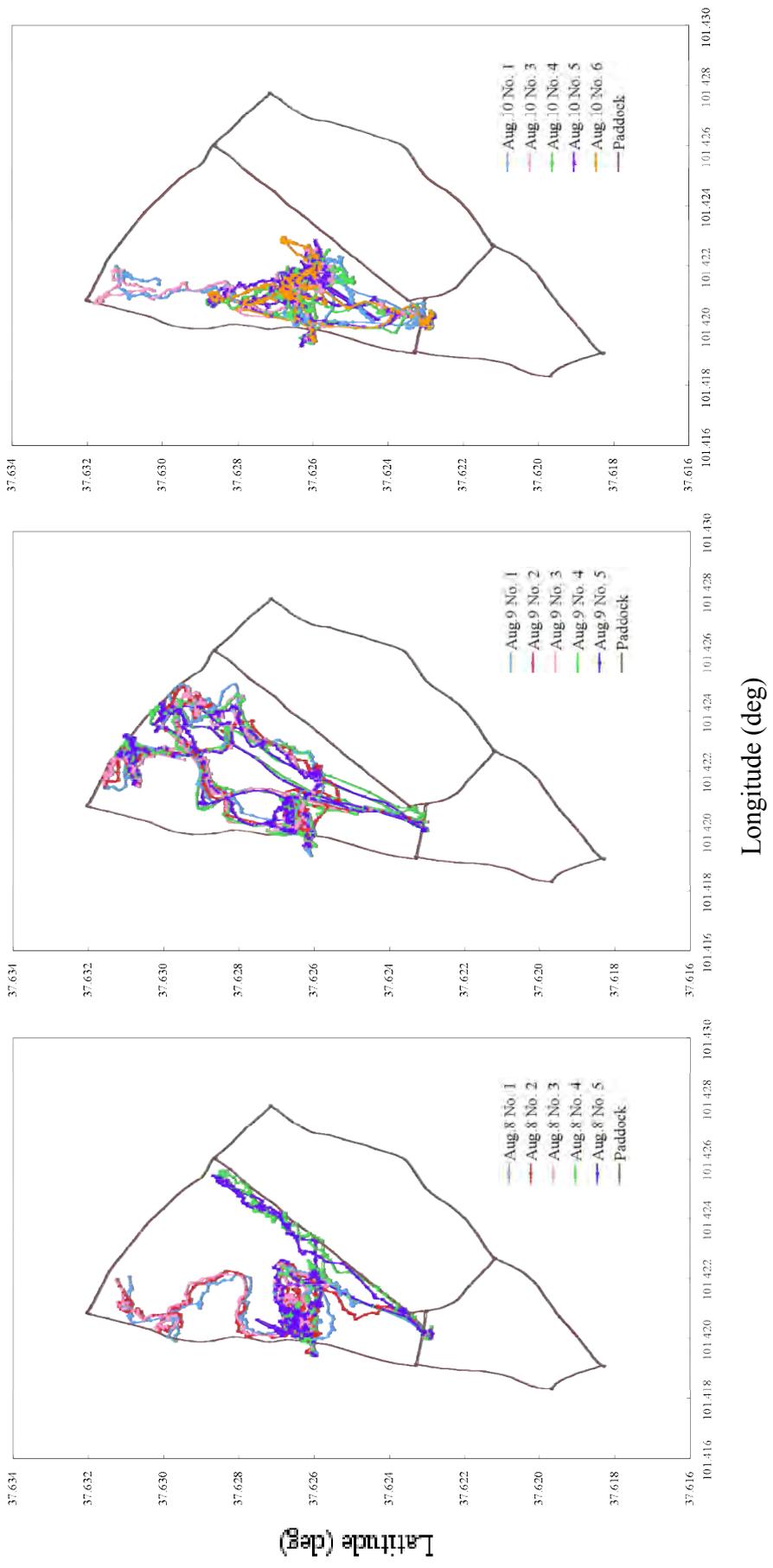


Fig. 3. Trackings of five yaks in warm-season paddock from 8:02 to 19:00 on three consecutive days.
 The latitudes and longitudes of five yaks were recorded every 2 min by GPS receivers

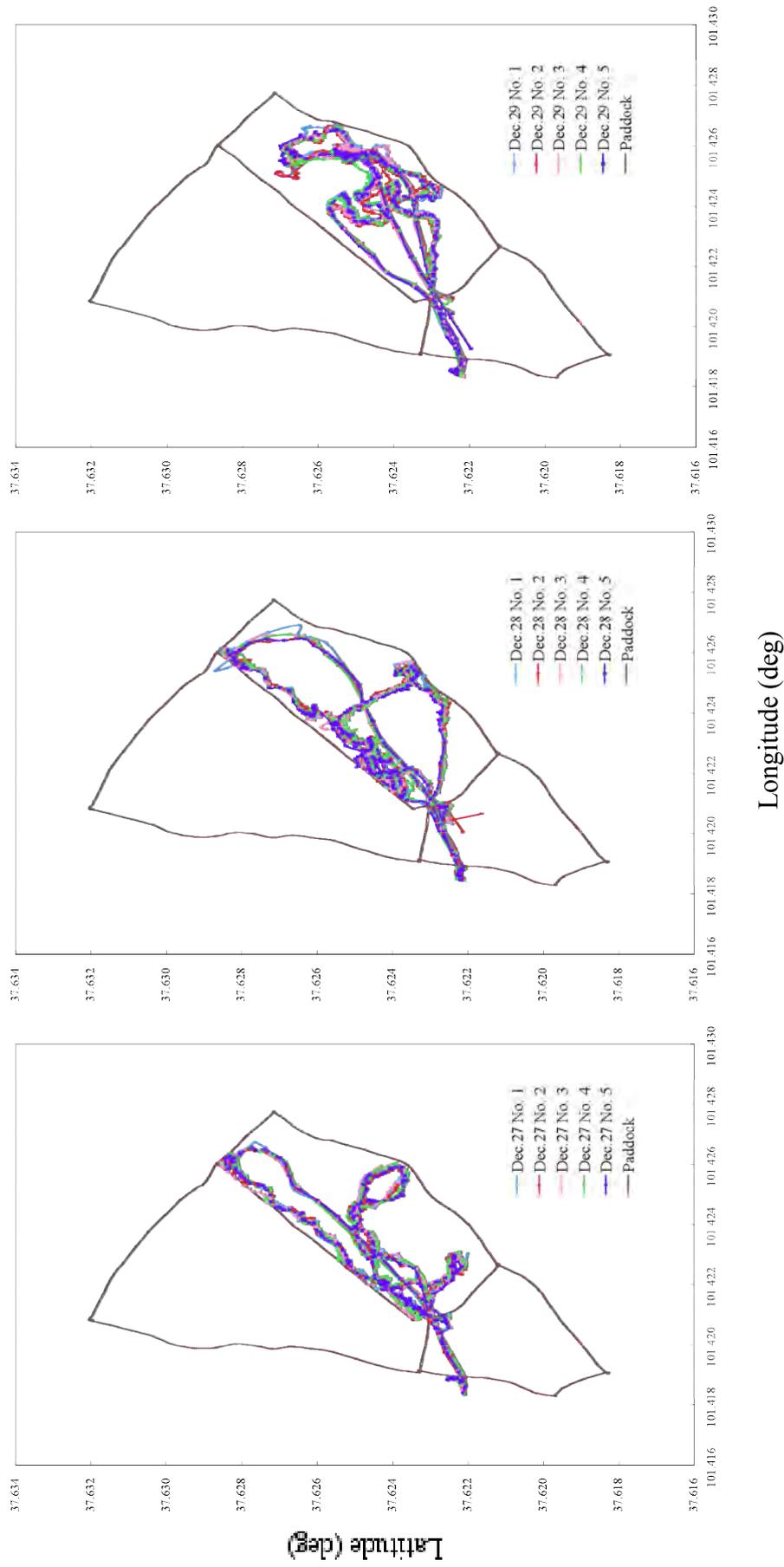


Fig. 4. Trackings of five yaks in cold-season paddock from 8:32 to 18:00 on three consecutive days.
 The latitudes and longitudes of five yaks were recorded every 2 min by GPS receivers.

Table 5. Distances of yaks from gateway to night paddock¹ according to time periods in warm-season and cold-season paddocks.

Item	All	Time period ⁵			P value
		P1	P2	P3	
WSP ²					
Distance ³ , m	449.2±223.9	545.2±229.4 ^a	356.7±55.7 ^c	431.9±273.8 ^b	***
	(4950) ⁴	(1800)	(1575)	(1575)	
CSP ²					
Distance, m	334.2±185.6	436.3±213.7 ^a	211.3±106.5 ^c	338.0±131.1 ^b	***
	(4275)	(1575)	(1350)	(1350)	

Values are expressed as mean ± standard deviation.

¹See Fig. 2.

²WSP: paddock grazed in warm seasons, and CSP: paddock grazed in cold seasons by yaks for over 20 years.

³Distances of five yaks from gateway were calculated from their latitudes and longitudes recorded every 2 min by GPS receivers attached on their heads.

⁴Number of records.

⁵Time periods were as follows; P1: 8:02–12:00, P2: 12:02–15:30 and P3: 15:30–19:00 in WSP, and P1: 8:32–12:00, P2: 12:02–15:00 and P3: 15:02–18:00 in CSP.

***p<0.001 by Wilcoxon test.

^{abc}Means with different superscripts within a row differ significantly among time periods (P1, P2, P3) by Tukey-Kramer test (p<0.05).

4. 考 察

家畜の選択採食性は季節によって大きく変化する。夏は植物が成長するため、植物が相対的に豊富で、家畜の植物に対する選択性も高くなる。冬には植物の現存量が減少する一方であるから、採食選択性も低くなるとされている (ZHAO and CUI, 1999)。また、植物の嗜好性、形態学的特徴、植物の生育季節および気候、地形などが放牧家畜の植物選択性に影響を及ぼす (HEADY 1964, COOK 1959, NAGY 1969, HANLEY and HANLEY 1982, O'REAGAN and MENTIS 1989, O'REAGAN and TURNER 1992, OWENS *et al.* 1991)。嗜好性の高い植物あるいは植物体の嗜好性の高い部位が家畜に選択される確率が高い。牧草の化学成分と嗜好性とは関連が高く、タンパク質含量と牛の選択性とは正の相関を示すが、粗繊維含量とは負の相関を示すことが知られている (COOK 1959)。本放牧地では WSP において採食された植物は 19 種 (または属) で、上位 7 種 (属) の採食割合は 79.3%

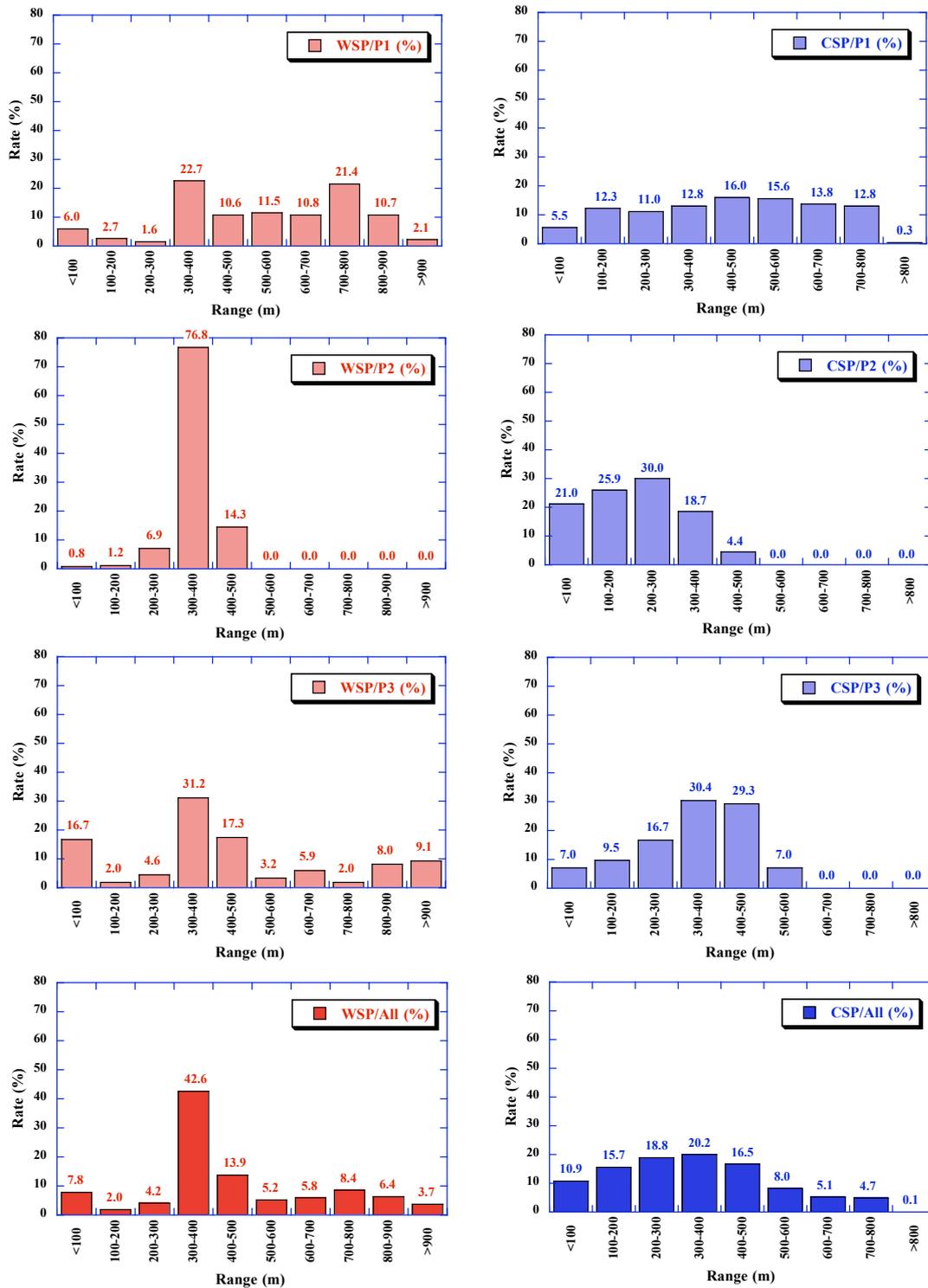


Fig. 5. Distribution of yaks by the distances from gateway to night paddock in warm-season and cold-season paddocks.

The latitudes and longitudes of five yaks were recorded every 2 min by GPS receivers. Day time was divided into three periods as follows; P1: 8:02–12:00, P2: 12:02–15:30 and P3: 15:30–19:00 in WSP, and P1: 8:32–12:00, P2: 12:02–15:00 and P3: 15:02–18:00 in CSP.

を占めていたのに対して CSP では 16 種 (属) で, 上位 6 種 (属) で 84.7%を占めていた。WSP では *Astragalus* spp, *A. umbellata*, *T. mongolicum*, *G. diuersifolia* など柔らかくてタンパク質含量の高い広葉草本が好まれ, 次いで *Poa* spp などであったが, CSP では *S. superba*, *Astragalus* spp のほかにキク科植物の *L. nanum* が好まれた。他方, *Potentilla* spp, *Helictotrichon tibeticum*, *Carex* spp, *K. cristata* など茎が硬くて葉の少ない植物は WSP と CSP の両方で避けられた。*T. mongolicum* は WSP では好まれたが, CSP では選択されなかった。また, ヤクの採食植物各種の割合と草地植生構成植物各種の相対優占度との間に WSP と CSP でともに高い相関が認められた。しかし, 採食植物各種の割合と嗜好性を示す指数との間の相関は低かった。これらのことから, ヤクの摂取量の多い植物と嗜好性の高い植物とは一致せず, 草地の可食草種資源の変化に伴い変動することが明らかになった。CSP では広葉草本の採食が少なかったが, これは, ヤクが CSP に 10 月 16 日に入牧してから調査時の 12 月 27 日までの 2 ヶ月半に, 広葉草本植物が枯死し, ヤクの採食, 踏み付けと強い風で可食部が少なくなり, 硬くて嗜好性の低い茎のみが残っていたためであると考えられる。

採食行動については, WSP において AM と PM とを比較すると, 採食時間, パッチ内バイト数, バイト速度, FS 数, パッチ間歩数には差がなかったが, パッチ内歩数は AM が PM よりも多く, パッチ間移動時間は短かった。これは, WSP では採食行動が相対的に安定してはいるが, 午後には午前よりもパッチの選択が強くなったことを示していると考えられる。また, 夜間は繫留され採食できないため, ヤクは AM には採食量を多くして空腹を満たそうとし, 空腹がある程度満たされた PM にはパッチに対する選択を高めていたと考えられる。

WSP でのバイト速度は 1.2 bites/sec と非常に高かった。WSP の野草は短い, 柔らかくて採食しやすいため, バイト速度が高かったと考えられた。ヤクは補助飼料の給与なしで周年放牧されているため, 体重も季節によって大きく変動する。夏から秋にかけては栄養価の高い野草の摂取により体重が増加するが, 冬季には草地に残っている枯れた野草では生命維持分の栄養しか摂取できず, 体重は大きく減少する (張 1989)。ヤクは夏から秋にかけて栄養分とエネルギーを貯蓄して 5 月中旬までの長い冬を越す野生動物的な本能から, バイト速度を極限まで高めていると推測される。

CSP では WSP と比較しパッチ内バイト数が 0.55 倍と少なく, バイト速度が遅く (0.58 倍), FS 数 (0.83 倍) とパッチ内歩数 (0.41 倍) が少なく, パッチ間歩数は多く 1.32 倍

であった。また、CSP では PM には AM と比較し、単位時間当たり訪問パッチ数は 1.9 倍に増加したが、パッチ内採食時間は 0.57 倍、パッチ内バイト数 0.56 倍、FS 数 0.34 倍に減少し、パッチ間移動時間と歩数も減少した。

ヤクのパドック内位置分布は時間帯により異なっていた。WSP と CSP のどちらも P1 にはパドック全体に分布し、飲水行動の行われた P2 には牧柵ゲート付近に分布したが、P3 には WSP では全域に分布はしたが WSP と CSP の両牧区ともに 300m から 500m に多く分布した。

採食量は WSP で 33.4 gDM/kgBW/day、CSP で 20.5 gDM/kgBW/day で、WSP が CSP よりも多かった ($p < 0.05$)。しかし、ヤクは本来 1 年 1 産の動物であるにもかかわらず 2 年に 1 産しかしておらず (Zi 2003)、暖季には寒季に減少した体重を回復させるための栄養は摂取できていても、繁殖に配分するだけの十分な栄養は摂取できていないと考えられた。

冬に野草が枯死すると、可食草量が少なくなって採食植物探索に費やす時間が多くなり、粗繊維の含有量が高く栄養価も低くなり、咀嚼に時間がかかるため、採食速度が遅くなり、採食時間は長くなる。採食時間の延長とともに、家畜が移動に使うエネルギーは増加し、生産に利用できるエネルギーは減少するから、短い時間内で多くの野草を摂取することが家畜にとっての最適戦略である (VALLEN TAINE 1990)。草量が多くて質が高いとき、家畜の採食時間は短くなるが、草量が少なく質が低いときには採食時間が長くなる (VALLEN TAINE 1990)。草量が少なくなると、バイトサイズが制限される。家畜は採食時間とバイト速度を増やして採食量の減少を補償しようとする。しかし、バイトサイズがさらに小さくなると、補償の効果は弱まり、採食時間も減少するため 1 日当たり摂取量は減少する (BURLISON *et al.* 1991)。WSP では野草の草高が低くて現存量は少なかった (LI *et al.* 2006) ため、バイト数とバイト速度を増やして採食したと考えられ、CSP では草高は高いが、草が枯死していたため草質が低下して、採食量も低かったと考えられた。GILLINGHAM *et al.* (1997) も鹿の調査で同様の結果を報告している。

これらのことから、ヤクの採食植物種選択は優占度に影響され、パドックと時間帯により採食行動とその位置を変え牧区全体を利用することで栄養摂取を最大にしようとしていたが、暖季には寒季に失った体重を回復させることはできても繁殖に必要な養分は摂取できず、寒季には維持要求量も満たすことができていないことが明らかとなった。暖季と寒季両季節ともに、ヤクは十分な栄養を摂取していない状態にあり、長期暖寒2季輪換放牧による草地の劣化がヤクの生産性にも影響を及ぼしていると推察された。

引用文献

- ARNOLD, G. W., The special senses in grazing animals. 2. Smell, taste and touch and dietary habits in sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 17: 531-542. 1966.
- BLACK, J. L. and P. KENNEY, Factors affecting diet selection by sheep. II. Height and density of pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*, 35: 565-578. 1984.
- BURLISON, A. J., J. HODGSON and A. ILLIUS, Sward canopy structure and the bite dimensions and bite weight of grazing sheep. *Grass and Forage Science*, 46: 29-38. 1991.
- COOK, C., The effect of site on palatability and nutritive content of seeded wheatgrasses. *Journal of Range Management*, 12: 289-292. 1959.
- 福田 明, GPSによる渡り鳥の追跡. *マイクロメカトロニクス (日本時計学会誌)*, 46 (4) : 1-8. 2002.
- 福田 明・樋口広芳・長谷川信美. 移動体追跡用小型軽量 GPS データローガーの開発. 財団法人電気通信普及財団研究調査報告書 20, 593-599. 2005.
- FUKUDA, A., K. MIWA, E. HIRANO, M. SUZUKI, H. HIGUCHI, E. MORISHITA, D. ANDERSON, S. WAUGH and R. Phillips, BGDL II – A GPS data logger for birds. *Memoirs of National Institute of Polar Research*, 58: 234-245. 2003.
- GILLINGHAM, M. P., K. L. PARKER and T. A. HANLEY, Forage intake by black-tailed deer in a natural environment: bout dynamics. *Canadian Journal of Zoology*, 75: 1118-1128. 1997.
- HANLEY, T. A. and K. A. HANLEY, Food resource partitioning by sympatric ungulates on Great Basin rangeland. *Journal of Range Management*, 35: 152-158. 1982.
- HEADY, H., Palatability of herbage and animal preference. *Journal of Range Management*, 17: 76-82. 1964.
- HUBENY, I, A computer program for calculating non-LTE model stellar atmospheres. *Computer Physics Communications*, 52:103-132.
- Ivlev, V. S., *Experimental ecology of the feeding fishes*. Yale University Press, New Haven.
- LI, G., S. IDOTA, N. HASEGAWA, R. SONG, Y. WANG and S. FENG, Effect of long-term seasonal grazing of yak (*Bos grunniens*) on botanical diversity of potentilla fruticosa alpine rangeland in Qing-Zang Plateau. *Acta Prataculturae Sinica*. 15: 149-151. 2006.
- NAGY, J., T. HAKONSON, and K. KNOX, Effects of quality on food intake in deer. *Transactions of O'REAGAIN, P. J., Plant structure and the acceptability of different grasses to sheep. Journal of Range Management*, 46: 232-236. 1993.
- O'REAGAIN, P. J. and M. T. MENTIS, Sequence and process of species selection by cattle in relation to optimal foraging theory on an old land in the Natal Sour Sandveld. *Journal of the*

- Grassland Society of Southern Africa, 6: 71-76. 1989.
- O'REAGAN, P. J. and J. R. TURNER, An evaluation of the empirical basis for grazing management recommendations for rangeland in Southern Africa. *Journal of the Grassland Society of Southern Africa*, 9: 38-49. 1992.
- OWENS, M. K., K. L. LAUNCHBAUGH and J. W. HOLLOWAY, Pasture characteristics affecting spatial distribution of utilization by cattle in mixed brush communities. *Journal of Range Management*, 44: 118-123. 1991.
- 任 繼周, 草業科学研究方法. 北京. 農業出版社, pp. 1-29. 1998.
- SANDERS, K. D., B. E. DAHI and G. SCOTT, Bite-count vs. fecal analysis for range animal diets. *Journal of Range Management*, 32: 146-149. 1980.
- SPARKS, D. R. and J. C. MALECHEK, Estimating percentage dry weights in diets using a microscope technique. *Journal of Range Management*, 21: 164-165. 1968.
- VALLENTAINE, J. F., *Grazing Management*. Academic Press, San Diego. 1990.
- VAVRA, M. and J. L. HOLECHEK, Factors influencing microhistological analysis of herbivore diets. *Journal of Range Management*, 32: 371-374. 1980.
- ZHAO, G. and Z. CUI, Selective grazing of animals and the response of plants. *Grassland of China*, 1: 62-67. 1999.
- 張 容昶. 中国のヤク. 甘肅. 科学技術出版社, pp. 2-29. 1989. (In Chinese).

中国青海省東チベット高原の ヤク放牧地の草種と土壤化学性について

井戸田 幸子

【目的】

中国東チベット高原に位置する青海省には 480 万頭のヤクが放牧されているが、人口増加にともなう食料需要の増大と所得向上をめざし、農家はヤクや羊などの家畜の飼養頭数を増やしており、過放牧による草地の荒廃が懸念されている。そのため、放牧草地における植物—動物—土壤における物質循環を明らかにすることを目的に一連の研究が行われており、本報では放牧地植生と土壤化学性について報告する。

【調査概要】

中国青海省は、中国の西部、チベットの北東部に位置（面積 72 万 km²）し、東北部は農業区域、西部および南部は放牧区域である。調査地は、北部の門源回族自治県の皇城牧場と南部の玉樹州チベット族自治州の種畜牧場および県牧場の 3 つの牧場において行なった。

【材料および方法】

北部の調査は、2002 年 8 月に中国チベット高原北部祁連山脈北支脈南側に位置する門源県皇城牧場（Ranch A）において放牧地および冬季の放牧地として利用されるため夏季は放牧が行なわれていない禁牧地の各 10 ヶ所で植生調査を実施した。土壤採取は、放牧地では夜間にヤクが係留されるパドック付近の表層土の数箇所を採取し、混合した後分析に供試した。禁牧地の試料は 5 箇所から表層 0-5cm と下層 5-10cm に分けて採取した。

南部の調査は、省都の西寧市より南西約 850km にある玉樹州チベット族自治州において行なった（図 2）。2003 年 8 月は種畜牧場（Ranch B）において放牧地 5 ヶ所、禁牧地 3 ヶ所の計 8 ヶ所（図 3）、2004 年 8 月には県牧場（Ranch C）の放牧地 7 ヶ所、禁牧地 1 ヶ所の計 8 ヶ所（図 4）において植生調査および土壤断面調査を実施し、土層ごとに分析試料を採取した。なお、試料は日本に持ち帰り常法（土壤養分測定法委員会編 1987、土壤環境分析法編集委員会編 1997）により分析した。

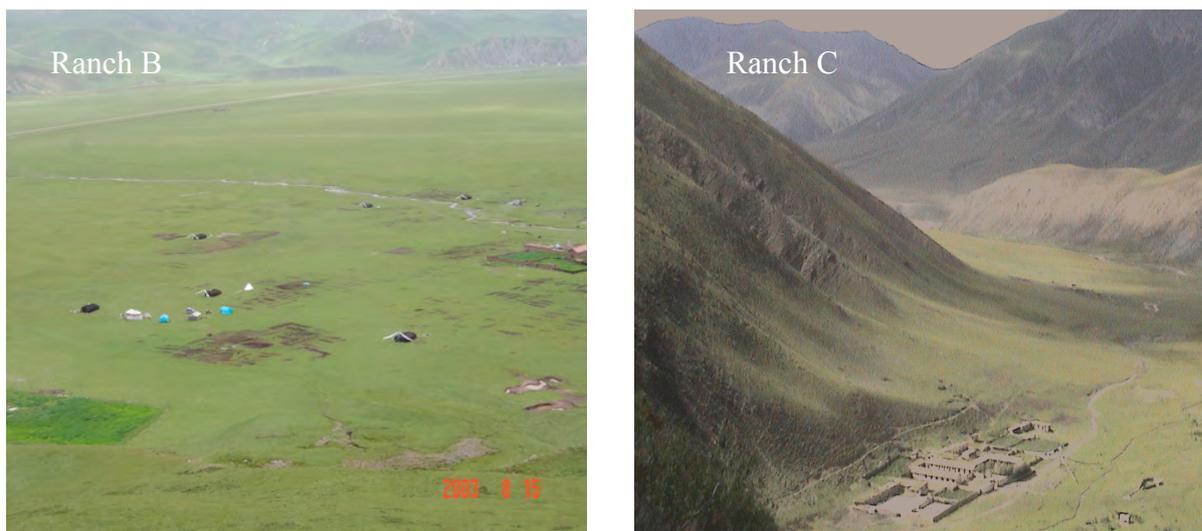


Fig.1. Experimental sites in Yushu (Ranch B and C) Prefectures, Qinghai Province, China.

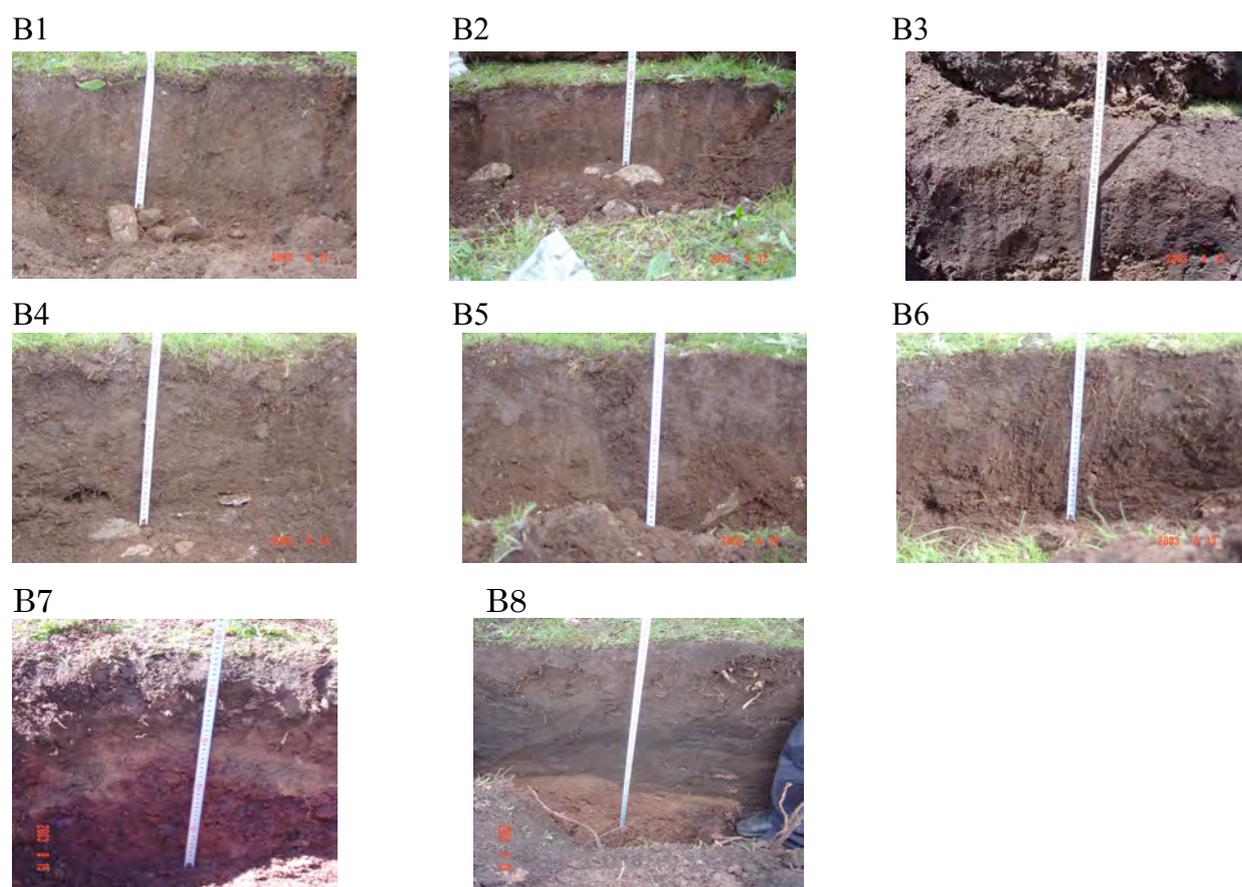


Fig.2. Profile of soil at the yak grazing pasture of the Qinghai Province, China in 2003 (Ranch B).

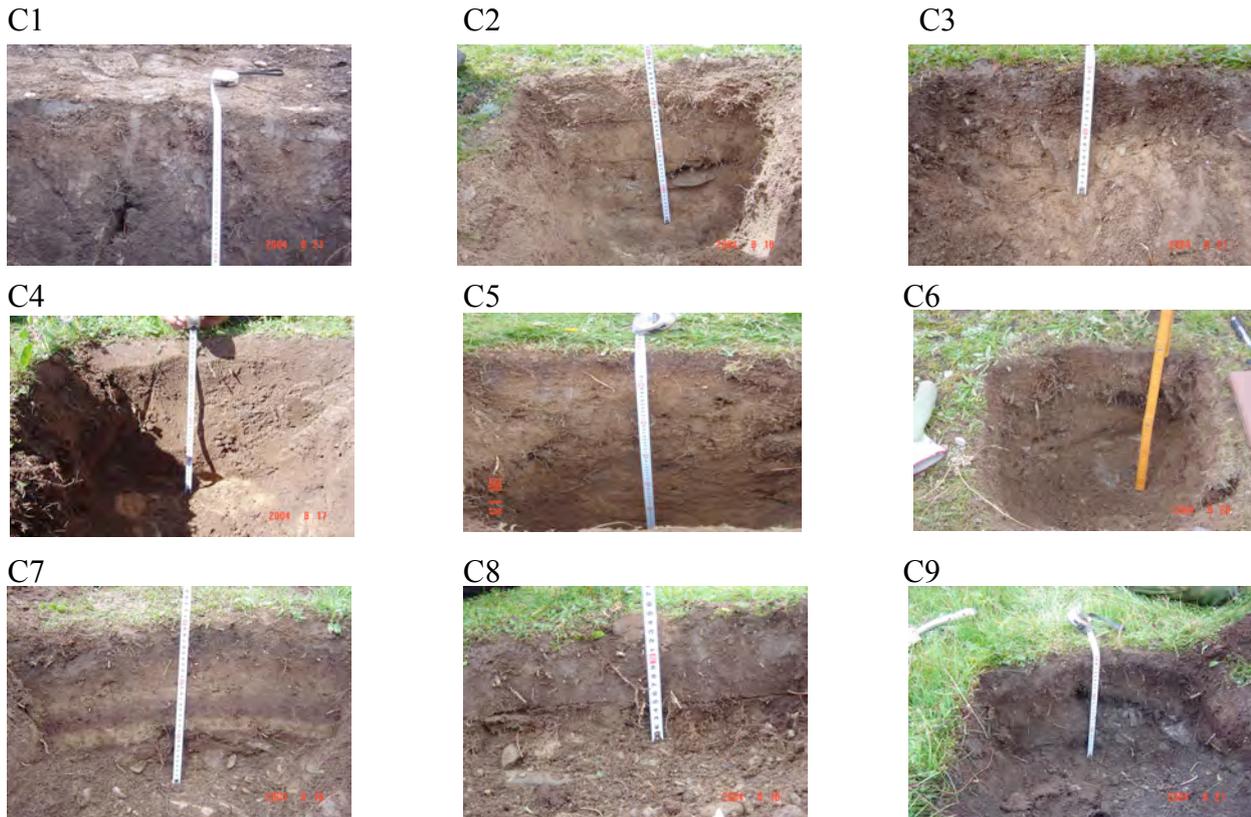


Fig.3. Profile of soil at the yak grazing pasture of the Qinghai Province, China in 2004 (Ranch C).

【結果と考察】

北部 **Ranch A)** 禁牧地の草丈は、22.6cm と放牧地の 11.9cm に比べ高い値を示した。コドラートを用いて調査した草種数は、放牧地では最大 16 種 (平均 12 種)、禁牧地では最大 22 種 (平均 19 種) と禁牧地で高くなった。放牧地および禁牧地ともにバラ科の金露梅 (*Potentilla fruticosa* L.) やトウツルキンバイ (*Potentilla anseriua* L.), タデ科の *Polygonum vivipaarum* が多く、その他にキンポウゲ科の *Thalictrum alpinum* L., イネ科の *Poa* spp などがみられた。また、禁牧地ではそれらの草種に加えて *Stipa* spp, *Anaphalis lactea* Maxim などが存在した。土壌 pH は、放牧地で 7.3 の微アルカリ性、禁牧地の 0-5cm および 5-10cm ではそれぞれ 7.1, 7.2 の中性を示した。水溶性塩類の濃度を示す電気伝度 (EC) は、放牧地で 154.2 μ S/cm と禁牧地 (121.0 μ S/cm) に比べて高くなった。また、土壌に含有するリン酸の中で植物体が利用することができる可給態リン酸含量は、禁牧地の 0-5cm および 5-10cm ではそれぞれ 2.5 mg/100g, 2.2 mg/100g と低い値を示し、放牧地では 14.6mg/100g と高くなった。これは、放牧地では夜間にヤクを繋留するパドッ

ク付近の土壌を採取したためヤクの排泄物に含まれるリンが影響していると考えられる。

南部 Ranch B) 調査地点の標高は 3825–3860 m の範囲に位置していた。牧場の周囲は山に囲まれており、放牧は平地および山の斜面で実施され、禁牧地は平地に設置されていた。土壌の厚さは、放牧地の平地で 25.8cm, 斜面で 61.0 cm, 禁牧地では 32.0 cm となり全地点の平均は 36.9 cm となり、いずれの地点も下層には礫の堆積がみられた。地上部乾物重は、放牧地の平地, 斜面および禁牧地でそれぞれ 83.5 g/m², 167.3 g/m², 183.6 g/m² となり放牧地の斜面で禁牧地のそれを上回ったが、これはバラ科の金露梅 (*Potentilla fruticosa* L.), ヤナギ科 *Salixcupularis* Rehd. やツツジ科の *Rhododendron thymifolium* Maxim. など現存量の多い木本植物が存在したためであり、これらの木本植物は斜面においてのみ認められた。草種数は、放牧地の斜面で最も多く、次いで放牧地の平地、禁牧地の順となった。平地の放牧地では禁牧地に比べて家畜の採食により草丈が低く保たれており、バラ科の *Potentilla anserine* L. などの草丈の低い草種が他の植物に庇陰されずに生育できたためと推察される。土壌 pH の平均は 7.1 の中性を示したが、放牧地の斜面の最表層では 8.9 の強アルカリ性を示した。EC は、平地の放牧地と禁牧地の 2 地点を除き、表層が最も高く土壌深度が増すにつれて減少した。可給態リン酸含量は、20.1–2.1 mg/100g の範囲を示し、EC と同様に表層で高くなる傾向がみられた。

南部 Ranch C) 標高は 3970–4037m の範囲にあり、Ranch B に比べて高標高に位置していた。地形は Ranch B と同様に周囲を山に囲まれていたが、平地の面積は狭く、山の斜面を中心に放牧が実施されていた。土壌の厚さは、放牧地で 36.9cm, 禁牧地で 30.0cm であり、下層には礫がみられた。禁牧地の地上部乾物重は、114.8 g/m² であり、放牧地では 14.4–158.8 g/m² となり、放牧地では地点により乾物重の値は大きく変化した。土壌の pH の平均は 7.8 の弱アルカリ性を示した。EC は、69.3–735.0 μ S/cm の範囲を示し、放牧地の 2 地点を除いて表層が最も高く、土壌深度が増すにつれて減少する傾向を示した。可給態リン酸含量は、0.3–7.4 mg/100g の範囲を示し、Ranch B に比べて低い値を示した。

【まとめ】本調査においては土壌の厚さが 40cm 程度と薄く、北部および南部のいずれの地点においても土壌 pH は 7.0 以上の値を示した。土壌養分含量の指標とした EC および可給態リン酸含量は、表層で高く下層ほど減少がみられたことから本来の土壌養分含

量は低いものと推察された。

【引用文献】

土壤環境分析編集委員会（1997）土壤環境分析法．博友社，東京，p195–273

土壤養分測定法委員会（1987）土壤養分分析法．養賢堂，東京，p29–296

Table 1. Soil depth, soil color and Dry matter yield in Yushu prefecture.

Ranch	Site	Land utilization	Above sea level (m)	Soil depth (cm)	Soil color*	Yield (g DM/m ²)
B	B ₁	Grazing	3825	19.5	5YR2/2	164.8
	B ₂	Grazing	3830	16.0	7.5R2/1	54.5
	B ₃	Grazing	3855	42.0	5YR1.7/1	31.3
	B ₄	No grazing	3855	30.0	10R2/3	301.2
	B ₅	No grazing	3830	35.0	10R2/3	156.4
	B ₆	No grazing	3830	31.0	2.5YR3/2	44.2
	B ₇	Grazing	3860	48.0	7.5YR2/2	108.2
	B ₈	Grazing	3860	74.0	10YR2/2	259.1
C	C ₁	Grazing	4020	54.0	7.5YR3/2	743.6
	C ₂	Grazing	4031	35.0	7.5YR3/2	47.2
	C ₃	Grazing	4037	20.0	5YR2/2	152.4
	C ₄	Grazing	4018	40.0	5YR3/3	158.8
	C ₅	Grazing	4037	66.0	7.5R2/3	131.6
	C ₆	Grazing	3985	27.0	7.5YR3/2	40.0
	C ₇	Grazing	4003	39.0	5YR1.7/1	48.8
	C ₈	Grazing	3980	14.0	5YR3/2	14.4
	C ₉	No grazing	3970	30.0	10YR2/2	114.8

* Soil color chart.

Table 2. Chemical properties of soil at the yak grazing pasture of the Qinghai Province, China.

Ranch	Site	Depth (cm)	pH	EC ¹ (μ S/cm)	Av-P ² (mg/100g)
A	A ₁	0-5.0	7.3	154.2	14.6 *
B	B ₁	0-2.5	7.7	190.8	11.5
		2.5-12.5	7.1	50.8	3.1
		12.5-19.5	7.2	28.5	3.0
	B ₂	0-7.0	7.2	25.3	2.9
		7.0-9.0	6.9	22.5	2.5
		9.0-16.0	6.6	153.5	8.8
	B ₃	0-3.0	6.8	130.8	12.8
		3.0-18.0	7.0	48.0	5.7
		18.0-29.0	6.8	43.9	5.2
		29.0-42.0	7.3	22.2	4.7
	B ₇	0-4.5	7.1	315.0	20.1
		4.5-18.0	7.0	146.5	6.1
		18.0-22.0	7.6	24.7	4.7
		22.0-38.0	7.6	33.9	4.5
		38.0-48.0	7.7	22.3	3.5
	B ₈	0-2.0	8.9	150.3	10.8
2.0-14.0		7.2	146.0	5.3	
14.0-31.0		7.0	101.8	10.9	
31.0-57.5		6.8	32.0	3.7	
57.5-74.0		7.1	20.3	2.4	
C	C ₁	0-18.0	6.6	194.3	0.5
		18.0-28.0	6.7	147.2	0.5
		28.0-54.0	7.1	124.6	0.5
	C ₂	0-5.5	7.2	129.1	5.8
		5.5-13.0	7.5	735.0	1.2
		13.0-22.0	7.5	141.9	1.0
		22.0-35.0	7.7	108.0	1.3
	C ₃	0-10.0	7.2	352.0	1.2
		10.0-20.0	7.9	69.3	0.6
	C ₄	0-5.0	6.8	275.0	2.3
		5.0-32.0	8.8	100.2	1.3
		32.0-40.0	9.0	84.9	1.0
	C ₅	0-3.0	6.9	146.6	5.9
		3.0-6.0	6.9	304.0	5.2
		6.0-16.0	8.0	144.3	1.3
		16.0-46.0	9.0	111.0	1.6
		46.0-66.0	9.2	77.2	1.6
	C ₆	0-4.0	8.2	202.0	1.4
		4.0-17.0	8.8	79.0	1.1
		17.0-27.0	8.8	74.6	0.7
	C ₇	0-4.0	7.1	385.0	2.7
		4.0-9.0	7.2	123.5	1.3
		9.0-11.0	8.5	90.0	0.7
		11.0-15.0	7.9	135.8	7.4
15.0-19.0		8.7	100.0	1.1	
C ₈	19.0-39.0	8.8	103.3	0.9	
	0-10.0	7.8	499.0	1.0	
	10.0-14.0	7.1	202.0	0.8	

¹ EC: Electric conductivity.

² Av-P: Available phosphoric acid (Trough method).

* Extracted by Bray No. 2 method.

Table 3. Chemical properties of soil at the yak no grazing pasture of the Qinghai Province, China.

Ranch	Site	Depth (cm)	pH	EC ¹ (μ S/cm)	Av-P ² (mg/100g)
A	A ₂	0-5.0	7.1	120.7	2.5 *
		5.0-10.0	7.2	128.0	2.5 *
B	B ₄	0-3.0	7.1	173.6	16.3
		3.0-7.0	6.8	138.0	6.2
		7.0-16.0	7.6	37.8	4.7
		16.0-30.0	7.6	44.7	4.5
	B ₅	0-3.0	6.3	94.2	5.9
		3.0-6.0	6.8	84.9	5.1
		6.0-16.0	7.1	48.2	5.9
		16.0-35.0	7.2	43.2	5.8
	B ₆	0-5.0	7.4	143.9	9.0
		5.0-20.7	7.5	31.6	4.6
		20.7-31.0	7.1	197.3	4.3
	C	C ₉	0-5.0	6.7	363.0
5.0-10.0			7.1	143.1	0.5
10.0-20.0			7.8	103.1	0.3
20.0-30.0			8.7	72.4	0.4

¹ EC: Electric conductivity.

² Av-P: Available phosphoric acid (Trough method).

* Extracted by Bray No. 2 method.

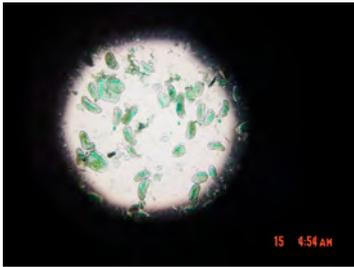
ヤクのルーメン内プロトゾア構成

－ 中国青海省海北蔵族自治州門源回族自治県皇城郷 －

Rumen Protozoa of Yak in Mengyuan Prefecture, Heibei State, Qinghai Province, China

N37°37'E101°25', 3400m in altitude, August, 2005

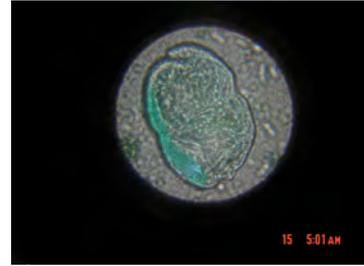
村山 樹・小菌正治・秋田 優・宋 仁徳・長谷川信美



Rumen Protozoa (x100) 5.0×10^5 cells/ml



Entodinium (x1000) 67.5%



Entodinium in conjugation (x1000)



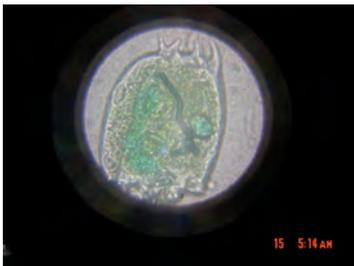
Isotricha (x600) 6.1%



Dasytricha (x1000) 10.0%



Epidinium (x400) 6.1%



Ophryoscolex (x1000) 4.0%



Diplodiniinae (x1000) 6.7%



ルーメンジュース採取



ヤクのルーメン



ルーメン内容物



ルーメン内壁絨毛