

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2012～2016

課題番号：24405041

研究課題名(和文) 熱帯アジアにおける新規飼料資源の発掘と実用化

研究課題名(英文) Studies on new finding feed resources and application in tropical Asia

研究代表者

熊谷 元 (Kumagai, Hajime)

京都大学・(連合)農学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：50221940

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,700,000円

研究成果の概要(和文)：タイでは、キャッサバパルプと液状ビール酵母を組み合わせた発酵混合飼料と、核酸系およびアミノ酸系調味料副生液を用いた新規飼料のin vitro第一胃発酵は良好で、ウシに対する嗜好性は高く、核酸系発酵副生液(脱塩母液)の給与が繊維成分の消化率を向上させた。フィリピンとネパールで地場産の牧草と野草を網羅して化学成分とin vitro第一胃消化率を測定した結果、粗タンパク質含量や乾物消化の季節変化が少ない上に高値を示す草種があり、それらのウシ、スイギュウ、ヤギに対する有効性が示された。ネパールではヤクのエネルギー不足とリン、カルシウムおよび銅栄養状態の低下が冬季に認められ、補助飼料の給与が推奨された。

研究成果の概要(英文)：Total mixed ration silage from cassava pulp and liquid brewer's yeast, and new feeds using by-products from processing nucleic and amino acid seasonings were tested in Thailand. The test diets showed excellent in vitro ruminal fermentation characteristics and palatability for cattle. Desalted mother liquor improved fiber digestibility. Chemical composition and in vitro ruminal digestibility in locally available pasture and native grass in Philippines and Nepal were measured. Several pasture and native grass samples showed high crude protein contents and dry matter digestibility and the variation of the values were relatively small indicating they were available feed resources for cattle, buffalo and goats. Attention should be paid to the nutritional statuses of energy, P, Ca and Cu in winter in yaks in Nepal. Utilization of low-priced energy and nitrogen sources and mineral supplementation may improve production and fertility of yaks especially in winter.

研究分野：家畜飼養学

キーワード：熱帯アジア 飼料資源 反芻動物 飼養管理 副産物資源 国際研究者交流

1. 研究開始当初の背景

世界の乳肉の消費量は未だに上昇を続けている。特にアジア地域では人口の増加と所得の向上に伴ってその度合いは著しく、南アジアと東アジアにおける 2030 年の食肉消費量は枝肉換算で 1997-1999 年平均の 328%と 190%、乳および乳製品の消費量は生乳換算で 240%と 227%と見積もられる (World Agriculture: towards 2015/2030 (2002) FAO)。アジアの多くの国では国内の乳や肉の需要のみならず家畜飼料をも近隣諸国や先進国からの輸入により補っているが、国内の畜産振興の阻害、飼料価格の乱高下、口蹄疫を始めとした防疫上の問題および飼料の安全性の問題が、今後さらに懸念される。これらの地域では農地として開発可能な土地は限られているため、今後の乳肉の需要増に対応する際、人間の食料と競合しない農業副産物、製造副産物、草本類等の未利用飼料資源の利用を常に念頭に置く必要がある。

熱帯アジアにおける飼料資源としては、キャッサバとそのデンプン副産物、アブラヤシ製油副産物、サトウキビ製糖副産物等、すでにエネルギー、タンパク源としての評価が確立し、流通ルートに載って配合飼料原料として用いられているものもあるが、比較的高価な上、原料がバイオエタノール・バイオディーゼルの仕向けと競合する場合があります。飼料の調達面で問題となることも多い。一方、熱帯アジア諸国において恒常的に産出する未利用資源については必ずしも各国・地域を網羅して調査されてきたわけではない。また近年、熱帯地域産の農産物とその副産物および草本類のなかには抗酸化機能をはじめとする機能性や生体活性を持つものが少なくないことが判明してきた。熱帯アジアにおいて家畜は総じて暑熱ストレス環境下で飼育される。飼料の機能性や生体活性が明らかになれば、基盤となる飼料資源への比較的少量の添加や置き換えにより、暑熱をはじめとしたストレス環境の影響を緩和し、家畜生産性を向上させるとともに、乳、肉、臓器等の生産物に機能性を付与できるのではないだろうか。このことについても留意した上でその賦存量を広く調査し、反芻家畜の飼料として利用する方策を考える必要がある。

2. 研究の目的

熱帯アジア特有で新規の農業副産物、製造副産物、木質系資源等の未利用飼料資源の栄養価を明らかにするとともに、家畜に対する給与の効果について、体系的、網羅的に検討する。可能性の高い飼料資源については添加量や従来型の飼料との代替割合を策定し、必要に応じて複数の飼料資源を用いた TMR 化等、流通や農家での利用に適した調製方法を開発する。効果が得られた飼料を各地域の農家に普及させ、さらに熱帯アジアにおける飼料資源の有効活用法として普遍化するためのガイドラインを作成する。

3. 研究の方法

熱帯アジア諸国において定常的に産出され、乳肉生産への活用の可能性が高いと考えられる未利用資源について国別・地域別に網羅的に収集を行う。飼料資源の化学分析を行い、その成分値と賦存量を基に、家畜生産性の向上と量的確保が可能な飼料をスクリーニングする。有望な飼料について、保存性、嗜好性、消化性、機能性や生体活性に関する予備的試験を行う。流通方法や農家での利用を念頭に置いて、当該飼料の乾燥化やサイレージ化の他、複数の飼料資源を用いた TMR 化を試みる。飼料の給与形態や給与方法を確定し、牛等を対象に、成長試験、肥育試験、泌乳試験を行い、その給与効果を確認する。具体的な研究方法として、

(1) タイにおいてはバイオエネルギー残渣であるキャッサバパルプ、ビール工場から産出する液状ビール酵母および調味料工場から排出される各種調味料副生液を対象に、保存性、嗜好性を確認し、ウシによる呼吸試験装置を用いた代謝試験を行う。

(2) フィリピンにおいては地場産の牧草・野草を対象に 4 季節における化学成分と *in vitro* 消化試験によってスクリーニングする。

(3) ネパールにおいては地場産の牧草・野草を化学成分と *in vitro* 消化試験によってスクリーニングする他、スイギュウとヤクを対象とした体格測定値や血液代謝産物濃度から栄養状態の把握を試みる。

4. 研究成果

(1) タイにおける研究

タイにおける研究：キャッサバパルプ、液状ビール酵母の成分組成が明らかになった。調味料工場から産出する調味料副生液 (DML) の添加が、*in vitro* 条件下でガス産生を促進すること、菌体タンパクの *in vitro* 消化率がコーングルテンミールを大幅に上回り大豆粕を下回ることが判明した。既存の肉牛用配合飼料に DML を飼料乾物中 1~3% 添加し、飼料組成を大きく変える条件で CP および TDN を同等にして、タイ在来種牛を用いて代謝試験を行った結果、乾物、粗タンパク質、NDF、ADF の消化率は同等であったが、3% 添加で窒素蓄積率 (%) は低下した。そこで飼料組成を大きく変えずに CP および TDN を同等にして、DML を飼料乾物中 1 および 2% 添加し、タイ在来種牛を用いて代謝試験を行ったところ、DML の添加に伴って窒素蓄積率は低下せず、ADF 消化率が向上した ($P < 0.05$)。

キャッサバデンプン粕 (CVP) とビール工場から産出する液状ビール酵母 (LBY) を組み合わせることで保存・飼料化することを前提としてその発酵品質と *in vitro* 消化試験を行ったところ、LBY の混合比率の増加に伴って、CP 含量が向上し、発酵品質と *in vitro* 有機物消化率に影響はないことが示された。さらに上

記の材料に稲わらを加え、その発酵品質と *in vitro* 消化試験を行ったところ、LBY の混合比率の増加に伴って、CP 含量が向上し、発酵品質には影響がないことが示された。この発酵 TMR を乳用種育成雌牛に給与したところ、嗜好性は高く、稲わらのみを粗飼料として与えた場合に比較して LBY の混合比率の増加に伴って、DM と CP の消化率は向上したが ($p < 0.05$)、飼料摂取量と日増体量は飼料の影響を受けず、血中の尿素態窒素濃度が高くなったことから、第一胃におけるエネルギーとタンパク質の発酵同調性が損なわれ、成長には貢献しないと考えられた。

グルタミン酸発酵副生液 (KPP および AYT) の添加が第一胃発酵特性に与える影響を粗飼料給与 (実験 1) および濃厚飼料多給 (実験 2) 条件を想定した *in vitro* 培養系にて評価した。実験 1 でガス発生量は AYT 区が尿素区より高かった ($p < 0.05$)。DM および NDFom 消化率は KPP 区が AYT 区より低かった ($p < 0.05$) が無添加区より高かった ($p < 0.05$)。実験 2 でガス発生量は KPP 区が尿素区および無添加区より高かった ($p < 0.05$)。DM 消化率は KPP 区および AYT 区で尿素区より低かった ($p < 0.05$) が無添加区と差がなかった。また、両条件でガス発生量は尿素添加に伴い低下し、添加物と添加量の交互作用がみられた ($p < 0.05$)。以上より KPP および AYT は家畜飼料の窒素源として利用可能であり、粗飼料基質条件下では AYT が、濃厚飼料基質条件下では KPP がよりルーメン発酵を活性化させることが示唆された。

(2) フィリピンにおける研究

飼料利用が見込まれる資源を異なる時期 (暑雨期と涼雨期) と地域 (北部と南部) から採取し、栄養成分と *in vitro* 消化性を分析した。暑雨期から涼雨期にかけて北部の大部分の資源の粗灰分含量は増加した。北部では時期の経過に伴いイネ科の繊維含量が増加し、マメ科の総繊維消失率が減少した。CP 含量はマメ科がイネ科より高く、北部イネ科資源は他科よりヘミセルロースを多く含有した。北部資源のイネ科はリンとカルシウムよりカリウム含量が多かった。北部の Cogon grass と Flemingia の乾物、有機物、総繊維の消失率は著しく低かった。南部の大部分の資源の有機物消失率は乾物消失率より高値であった。

飼料利用が見込まれる地場資源を涼乾期と暑乾期に北部と南部から合計 62 種類採取し、栄養成分と *in vitro* 消失率を分析した。大半の資源は乾物率が暑雨期や涼雨期 (11 ~ 28%)、CP 含量が涼乾期や暑乾期 (2 ~ 11%) に最低であった。その他の成分含有率は資源により変化が異なった。Coix lacryma-jobi と Tripsacum laxum の CP 含量 (平均で 14% と 12%)、Brachiaria dictyoneura の粗脂肪含有率 (平均で 8%) が他資源より高かった。4 期での乾物消失率の変化は、Brachiaria

brizantha (46 ~ 51%)、Brachiaria dictyoneura (41 ~ 49%)、Pennisetum purpureum (49 ~ 54%) が小さかった。いずれの消失率とも、暑雨期や涼雨期に最高を示す資源が大半で、4 期を通して Paspalum atratum と Pennisetum purpureum が高く、Imperata cylindrica が低い傾向を示した。

(3) ネパールにおける研究

ムスタン郡南部において雌ヤクの体重と体格測定を行った結果、体重は 2 歳齢 (50kg) から 4 歳齢 (150kg) にかけて直線的に増加し、8 歳齢 (230kg) まで漸増すること、体重は胸囲と腰角幅から精度よく推定できる可能性が示唆された。GPS 首輪をヤクに装着して GIS 情報と対応させることにより、移動距離、放牧行動圏、存在する標高が経時的に取得できた。

ムスタン郡南部において雌ヤクの血液性状を調査した結果、74% の個体の血漿中総コレステロール濃度が正常範囲の下限值 (100 mg/dL) を下回り、春季 (83.41 mg/dL) が秋季 (95.05 mg/dL) よりも低かった ($P < 0.05$)。全個体の血漿中アルブミン濃度が正常範囲の下限值 (3.0 g/dL) を、66% の個体の血漿中無機リン濃度がリン欠乏の指標 (4.5 mg/dL) 下回った。35% の個体の血漿中カルシウム濃度が正常範囲の下限值 (8 mg/dL) を下回り、春季が秋季に比較して低かった ($P < 0.01$)。75% の個体の血漿中銅濃度が正常範囲の下限值 (0.65 mg/L) を下回り、春季が秋季に比較して低かった ($P < 0.01$)。血漿中の低総コレステロール濃度から乾物とエネルギーの摂取量の不足が考えられるため、冬季と早春におけるエネルギー、リン、カルシウムおよび銅の栄養状態に注意を払う必要が示された。

ネパール中部の丘陵地域で Lime 種または Parkote 種の水牛を飼養する小規模農家を対象に飼料利用が見込まれる地場資源として、涼乾期に採取した合計 82 種類の試料の栄養成分と *in vitro* 消化率を分析した。CP 含量は Ficus glaberrima が約 16% と比較的高い一方、Oryza sativa が約 2% と低かった。NDF 含量は Zea mays が約 96% と高く、Ficus clavata が約 50% と低かった。消化率は、乾物、有機物および NDF の消化率が Zea mays で高く、Eleusine coracana や Brassiopsis hainla で低いことが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

熊谷元、安在弘樹. 2014. ネパールにおけるヤク飼養. 農業. 1589: 60-64.

Sakai T, Anghong W, Takeda M, Suzuki T, Oishi K, Hirooka H, Kumagai H. 2014. Effects of feeding desalted mother liquor from seasoning process on blood metabolites and

ruminal fermentation in Thai native bulls. 2014. Proceedings of the 16th Asian-Australasian Association of Animal Production Congress. 1: 1874-1876. (reviewed)

Anzai H, Shah MK, Sakai T, Oishi K, Hirooka H, Kumagai H. 2014. Use of GPS and GIS for estimating grazing pattern of yak in western Nepal, Himalaya. Proceedings of the 16th Asian-Australasian Association of Animal Production Congress. 1: 984-987. (reviewed)

Sakai T, Devkota NR, Oishi K, Hirooka H, Kumagai H. 2015. Evaluation of total mixed ration silage with brewers grains for dairy buffalo in Tarai, Nepal. Animal Science Journal 86: 884-890. (reviewed)

Shah MK, Hayashi Y, Kumagai H. 2016. Productive and reproductive performances of indigenous Lime and Parkote buffaloes in the western hills of Nepal. Journal of Buffalo Science 5: 14-17. (reviewed)

Kamphayae S, Kumagai H, Angthong W, Narmseelee R, Bureenok S. 2017. Effects of different ratios and storage periods of liquid brewer's yeast mixed with cassava pulp on chemical composition, fermentation quality and *in vitro* ruminal fermentation. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 30: 470-478. (reviewed)

Kamphayae S, Kumagai H, Bureenok S, Narmseelee R, Butcha P. 2017. Effects of graded levels of liquid brewer's yeast on chemical composition and fermentation quality in cassava pulp and rice straw based total mixed ration silage. Animal Science Journal. (reviewed) DOI: 10.1111/asj.12682

Kumagai H, Nakajima M, Anzai H, Sakai T, Oishi K, Hirooka H, Shah MK. 2017. Statuses of health and mineral nutrition of yaks in southern Mustang, Nepal. Animal Science Journal. 88: 618-624. (reviewed)

Kamphayae S, Kumagai H, Butcha P, Ritruetchai V, Udchachon S. 2017. Yeast mixture of liquid beer and cassava pulp with rice straw for the growth of dairy heifers. Tropical Animal Health and Production 49: 491-496. (reviewed)

Sakai T, Angthong W, Takeda M, Oishi K, Hirooka H, Kumagai H. 2017. Studies on supplementary desalted mother liquor on digestibility of nutrients, ruminal fermentation, and energy and nitrogen balance in Thai

native cattle. Animal science Journal. (reviewed) DOI: 10.1111/asj.12790

〔学会発表〕(計 16 件)

Sakai T, Angthong W, Takeda M, Suzuki T, Oishi K, Hirooka H, Kumagai H. Effects of feeding desalted mother liquor from seasoning process on blood metabolites and ruminal fermentation in Thai native bulls. The 16th Asian-Australasian Association of Animal Production Congress. November 10-14, 2014. Yogyakarta, Indonesia.

Anzai H, Shah MK, Sakai T, Oishi K, Hirooka H, Kumagai H. Use of GPS and GIS for estimating grazing pattern of yak in western Nepal, Himalaya. The 16th Asian-Australasian Association of Animal Production Congress. November 10-14, 2014. Yogyakarta, Indonesia.

佐藤元映、中西崇、安田香織、竹田元治、大石風人、広岡博之、熊谷元. 調味料副産物脱塩母液の添加が *in vitro* 第一胃発酵特性に及ぼす影響. 関西畜産学会第 64 回大会. 2014 年 9 月 9-10 日. 東広島市. 林義明、竹谷絵里、池野裕紀、C. Soriano、D. Aquino、藤原勉. 熱帯アジアにおける異なる時期でのイネ科飼料資源の栄養成分と消化性の変化. 日本畜産学会第 119 回大会. 2015 年 3 月 28-30 日. 宇都宮市. Hayashi Y, Shah MK, Kumagai H. Feeding traits and body dimensions of Lime and Parkote buffaloes raised by small-scale farms in Kaski, Nepal. 8th Asian Buffalo Congress. April 21-25, 2015. Istanbul, Turkey.

中島光海、安在弘樹、Shah M、大石風人、広岡博之、熊谷元. ネパール西部山岳地帯におけるヤクの栄養状態の季節変化. 第 32 回日本微量栄養素学会学術集会. 2015 年 5 月 30 日. 京都市.

林義明、竹谷絵里、池野裕紀、熊谷元、D. Aquino、藤原勉. フィリピン北部における異なる時期でのマメ科飼料資源の栄養成分と消化性の変化. 日本畜産学会第 120 回大会. 2015 年 9 月 11-12 日. 江別市.

佐藤元映、Angthong W、竹田元治、大石風人、広岡博之、熊谷元. タイ在来牛への調味料副産物脱塩母液の給与が消化率、窒素・エネルギー出納および第一胃発酵特性に及ぼす影響. 日本畜産学会第 120 回大会. 2015 年 9 月 11-12 日. 江別市.

Anzai, H, Shah MK, Nakajima M, Sakai T, Oishi K, Hirooka H, Kumagai H. Selectivity for rangeland characteristics by grazing yaks in

Western Nepal, Himalaya. The 49th Congress of the International Society for Applied Ethology. September 14-16. Sapporo, Japan.

Hayashi Y, Takeya E, Ikeno Y, Kumagai H, Soriano C, Cruz E, Garcia N, Aquino D, Fujihara T. Periodic changes in chemical composition and *in vitro* digestibility of Gramineae feed resources in the Philippines. The 5th International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. October 27-30. Pattaya, Thailand.

Shah MK, Hayashi Y, Kumagai H. Feeding trait, reproductive and productive system, trading and slaughter as meat resources of goat for farmers in mid hills of Nepal. The 5th International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. October 27-30. Pattaya, Thailand.

中島光海, Shah M, 安在弘樹, 瀧川晶文, 大石風人, 広岡博之, 熊谷元. ネパール国西部ヒマラヤ地域におけるヤクスの健康状態およびミネラル栄養状態の調査. 日本畜産学会第 121 回大会. 2016 年 3 月 27-30 日. 武蔵野市.

Anzai H, Shah MK, Nakajima M, Sakai T, Oishi K, Hirooka H, Kumagai H. Slaughter traits of yaks raised on sub-Himalayan pastures in Western Nepal. 17th AAAP Animal Science Congress. August 22-25. Fukuoka, Japan.

Shah MK, Dhungana KP, Anzai H, Hayashi Y, Kumagai H. Feeding traits and production systems of Lulu cattle in Manang and Mustang of Nepal. 17th AAAP Animal Science Congress. August 22-25. Fukuoka, Japan.

Kumagai H. Utilization of local feed resources for dairy buffalo, cattle and yak in Nepal. "Dairy Production with Local Feed Resources in Asian Countries" (invited) in 17th AAAP Animal Science Congress. August 22-25. Fukuoka, Japan.

熊谷元. 反芻家畜を対象とした飼料資源の探索と開発に関する研究. 平成 28 年度関西畜産学会賞受賞講演 (招待講演). 2016 年 10 月 15 日. 木田郡三木町.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年月日 :
国内外の別 :

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.animprod.kais.kyoto-u.ac.jp/study.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

熊谷元 (KUMAGAI, Hajime)
京都大学大学院農学研究科 准教授
研究者番号 : 50221940

(2) 研究分担者

林義明 (HAYASHI, Yoshiaki)
名城大学農学部 准教授
研究者番号 : 20454415

広岡博之 (HIROOKA, Hiroyuki)
京都大学大学院農学研究科 教授
研究者番号 : 60192720

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :

(4) 研究協力者

()