

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：10105

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24580384

研究課題名(和文)セルロース・ヘミセルロース加水分解菌の電位制御による発酵ビートトップ飼料創製

研究課題名(英文) Fermented beet top feed production with control of redox potential on cellulose and hemicellulose hydrolyzing microbes

研究代表者

高橋 潤一 (TAKAHASHI, JUNICHI)

帯広畜産大学・その他部局等・名誉教授

研究者番号：20111198

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：農産系バイオマスであるビートトップの有効活用を目的として混合生菌剤を用いる酪農等の養牛用飼料の創生を検討した。BIO-PKC発酵ビートトップの栄養成分、安全性と保存性を確認した。飼料価値について、めん羊を用いた消化・窒素出納試験と泌乳牛を用いた飼養試験により乳生産に対する有効性を確認した。特に、体細胞数を抑え、乳房炎予防効果が推察された。混合生菌剤(BIO-PKC)の酸化還元調節によるセルロース・ヘミセルロース加水分解菌の活性化を目的として開発した酸化還元電位制御発酵バイオリアクターの印加処理によって、BIO-PKC発酵によるビートトップセルロース・ヘミセルロースの糖化促進が認められた。

研究成果の概要(英文)：Recycling of beet top for the dairy fermented feed was examined using mixed microbial preparation (BIO-PKC). To secure the safety and conservation of the BIO-PKC fermented beet top oxalate and nitrate contents, coliform bacteria, mycotoxin and residual pesticides were analyzed and secured. Feed value of BIO-PKC fermented beet top as a dairy feed ingredient was demonstrated by the digestion and nitrogen balance trials using sheep and feeding trial as the total mixed ration using the milking cows in the conventional dairy farm. The possible suppression of somatic cell counts suggested a prophylactic effect of BIO-PKC on mastitis of dairy cow. To activate cellulose and hemicellulose hydrolyzing ability of BIO-PKC by the control of oxidation–reduction potential the bioreactor equipped with redox potential controller was developed. In the fermentation with voltage applied BIO-PKC the hydrolases of cellulose and hemicellulose of beet top was accelerated and eventually saccharified.

研究分野：畜産学

キーワード：バイオマス リサイクル ビートトップ セルロース・ヘミセルロース加水分解 生菌剤 酸化還元電位制御バイオリアクター 体細胞数 残留農薬

1. 研究開始当初の背景

(1) わが国の重要な食糧基地である北海道十勝地域の畑作は秋まきコムギ、甜菜（ビート）、豆類及びバレイショの主要4作物の輪作体系の中で、高位生産を維持している。とくにビートは全国で年間約400万t生産されているが、その45%が十勝で生産されている。ビートは収穫された根部から砂糖が生産され、搾った粕はビートパルプとして乳牛用飼料に有効に利用されている。しかし、上部のビートトップはサイレージ化して一部の地域で養豚等に利用されているが、一般に高水分で、シュウ酸等を多く含むことから、変敗を起こしやすく、貯蔵が困難であるため、一定量の養分含量は認められるが、家畜用飼料としての利用は限定されている。北海道十勝地方ではビートトップはバイオマスとして大量に発生し、毎年88万tの附存量があるが、大部分は製糖用のビート根部の収穫時に切除され、利用されずに畑土壌に鋤き込まれているのが現状である。この鋤き込まれたビートトップの窒素含量は一般には有機質窒素肥料として役立っていると考えられているが、実際には水溶性の硝酸態窒素が多量に含まれていることから、施肥効果の持続性は弱く、化成肥料の追肥によって過剰になった窒素は硝酸態窒素として地下水、河川等の水圏へ流亡（リーチング）し、水圏における富栄養化の原因になっている。さらに硝酸態窒素から亜硝酸態窒素を経た還元により気圏における強力な温室効果ガスである亜酸化窒素発生の原因になっていると考えられる。

(2) 予備試験において、ビートのタッピングが終了してビート圃場に放置された鋤き込み前のビートトップを圃場より採集し、バチルス属、ラクトバチルス属、ストレプトコッカス属等を含む混合生菌剤（BIO-PKC丸紅）を混合し、フレコンバックを用い、室温で10ヶ月間発酵貯蔵を試みた。その結果、ビートトップ発酵生成物の乾物中に30%還元糖及び17%の乳酸が生成され、見掛け上、発黴等による材料の変敗は認められなかった。一方、シュウ酸、硝酸塩含量は安全値で、大腸菌及びアフラトキシン等のマイコトキシンは検知されなかった。さらに本発酵ビートパルプは一般的な乳酸発酵によるサイレージとは異なり、一旦発酵生成物ができあがると、好気的条件下に晒しても変敗が起こりにくい特徴を持ち、保存性が著しく高いことが明らかになった（112回日本畜産学会）。この混合生菌剤によるビートトップの発酵過程において、生成物等の解析により、発酵の進展は確認できたが、ビートトップに添加した混合生菌剤中のどの微生物がバイオマスのセルロース・ヘミセルロース加水分解及び少糖類の発酵に関与したかは不明である。この一連の発酵メカニズムの解明にはPCR解析が有効であると考えられる（高橋ら、2007 日本畜産学会）。したがって、発酵ビートトップの飼料価値は発酵過程における偏性嫌気性菌であるセルロース・ヘミセルロースの加水分解菌の活性の程度に依存する。加水分解菌の活性は安定的な高い嫌気度が重要である。細菌の担持可能な導電性炭素フェルトを内蔵したバイオリクターを用い、電位制御による細菌の活性化が可能であることを報告した（浜本ら、2007 電気化学会）。

2. 研究の目的

(1) 北海道十勝地域の代表的農産系バイオマスであるビ

ートトップの有効活用を目的として、乳酸菌のみによるサイレージ発酵とは異なるBIO-PKCによる発酵性状に着目し、電位制御によるBIO-PKCのセルロース・ヘミセルロース加水分解特性を強化して低投入の発酵生成物を製造した。

(2) 安全性・保存性の検証及びめん羊を用いる消化試験、窒素代謝試験及び乳牛飼養試験によってBIO-PKC発酵ビートトップの飼料価値評価を行った。BIO-PKCを用いる予備試験の結果、供試BIO-PKCはビートトップの繊維成分の加水分解に効力を発揮し、飼料価値の改善に寄与する少糖類生成を促進する結果が得られた。この予備試験の結果から、BIO-PKCのセルロース・ヘミセルロース加水分解能の一層の改善と発酵ビートトップ保存性と安全性についてシュウ酸、硝酸態窒素、大腸菌群、アフラトキシン等のマイコトキシン及び残留農薬の確認が得られれば、反芻家畜用の新飼料としての利用が拡大する。

(3) BIO-PKCの安定的嫌気雰囲気創出のため、菌担持のための導電性炭素フェルトを採用し、BIO-PKCの酸化還元電位制御によるセルロース・ヘミセルロースの加水分解能改良を検討した。

3. 研究の方法

(1) 本研究は北海道十勝地域の代表的農産系バイオマスであるビートトップの飼料化を目的としてBIO-PKCによる発酵試験を行った。BIO-PKC発酵ビートトップを製造し、その栄養成分、発酵品質について解析した。

(2) BIO-PKC発酵ビートトップの保存性及び安全性についてシュウ酸及び硝酸態窒素含量、大腸菌群、マイコトキシンとカスケード乳剤（殺虫剤）、カスミンポルドー（殺菌剤）等の残留農薬を評価した。

(3) 酸化還元電位制御バイオリクターを開発製造し、セルロース・ヘミセルロース加水分解菌の活性化の促進を検討した。電位制御処理を行なった混合生菌剤と混合し、糖化発酵を実施する。電位制御処理は図1の概念図に基づいて導電性カーボンフェルト電位制御バイオリクターを製作し、炭素フェルトへの菌担持による電位制御が混合生菌剤のセルロース・ヘミセルロース加水分解菌の活性化に及ぼす影響を検討した。

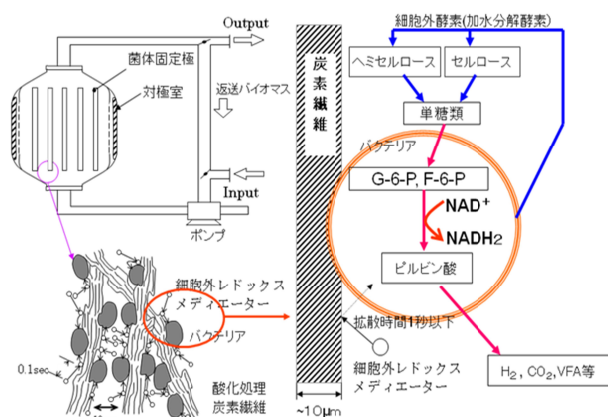


図1. 導電性炭素フェルトに担持した混合生菌剤加水分解菌の電位制御バイオリクター概念図

(4) 動物試験による飼料価値評価

めん羊 4 頭を用いた反転全糞採取法による消化・窒素出納試験により、BIO-PKC 発酵ビートトップの消化率及びタンパク質利用効率を評価した。

BIO-PKC 発酵ビートトップの酪農飼料としての飼料価値を評価した。十勝管内のビート畑作・酪農兼業農家泌乳牛 20 頭を供試し、通常の完全混合飼料 (TMR) の粗飼料の乾物 50% を BIO-PKC 発酵ビートトップで代替した BIO-PKC 発酵ビートトップ TMR を作出し、自然発酵のビートトップサイレージで代替した TMR を対照区及び通常の TMR を負の対照区として給与試験を行い、乳生産及び健康に及ぼす影響を評価するため、乳量・乳成分及び血液成分を解析し、比較を行った。

4. 研究結果

(1) BIO-PKC 発酵ビートトップ及びビートトップサイレージの発酵性状

pH はいずれのビートトップ発酵産物も 4.1 と 4.0 で良好な発酵が示され、アンモニア態窒素及び有機酸含量は良好であった。特に乳酸含量は BIO-PKC 発酵ビートトップは 9.80% を示し、7.21% を示したビートトップサイレージより 3.6% 高い値を示した。

(2) BIO-PKC 発酵ビートトップ混合飼料 (TMR) ビートトップ TMR 及びビートトップの一般成分、ミネラル及びアミノ酸含量

BIO-PKC 発酵ビートトップ TMR はビートトップサイレージ TMR に比べ、一般成分は粗タンパク質含量 (CP) が 8% 高い傾向を示した。他の成分については大きな差は認められなかった。BIO-PKC 発酵ビートトップ TMR のミネラル含量はカリウムが高い値を示した K/Ca+Mg 比がそれに伴って、若干高い値を示した。BIO-PKC 発酵ビートトップ混合飼料 (TMR) はビートトップ TMR に比べ、分析したアミノ酸 16 種 (アルギニン、グリシン、ヒスチジン、イソロイシン、ロイシン、リジン、メチオニン、フェニルアラニン、チロシン、バリン、セリン、アラニン、アスパラギン酸、グルタミン酸、プロリン、スレオニン) 全てが高い値を示した。平均値で、乾物中では 33% 及び CP 中では 23% ビートトップサイレージに比べて高い値を示した。

(3) BIO-PKC 発酵ビートトップ TMR、ビートトップ TMR 及びビートトップの安全性の検証

シュウ酸含量は BIO-PKC 発酵ビートトップ TMR 及びビートトップ TMR はいずれも 0.42%, ビートトップは 0.2% を示した。硝酸態窒素は BIO-PKC 発酵ビートトップ TMR 及びビートトップ TMR はいずれも 17mg/100g、ビートトップは 16mg/100g を示し、シュウ酸及び硝酸態窒素は安全値であった。マイコトキシンはアフラトキシン B₁、B₂、G₁、G₂ について調査したが、いずれも検出しなかった。大腸菌群についてはいずれも陰性であった。残留農薬についても安全性が確認された。

(4) めん羊による消化・窒素出納試験結果

表 1 に消化率及び表 2 に窒素出納の結果を示す。ADF 以外は全般に BIO-PKC 発酵ビートトップ TMR の方がビートトップ TMR より高い傾向を示した。窒素出納試験の結果、

BIO-PKC 発酵ビートトップ TMR の蓄積窒素が有意に (P<0.05) 高い値を示した。

表 1. 消化率

(%)	サイレージ TMR	BIO-PKC TMR
乾物	73.3	76.9
粗灰分	27.1	33.5
有機物	79.7	84.0
粗脂肪	77.2	81.0
粗蛋白	61.8	70.9
エネルギー	64.6	72.3
NDF	71.8	73.5
ADF	52.6	48.7

表 2. 窒素出納

(g/d)	サイレージ TMR	BIO-PKC TMR
N 摂取量	44.5	53.5
糞中 N	17.0	15.5
尿中 N	9.9	10.4
蓄積 N	17.6	27.5 ¹
N 消化率 (%)	61.8	70.9
(% N 摂取量)		
糞中 N	38.2	29.1
尿中 N	22.3	19.8
蓄積 N	39.5	51.2 ¹

¹P<0.05

(5) 泌乳牛による飼養試験

帯広市近郊酪農家において泌乳牛 9 頭を用いて、BIO-PKC 発酵ビートトップ TMR 区、ビートトップサイレージ TMR 区および対照区 (通常 TMR) の 3 給与区について 1 群 3 頭で給与試験を行い、飼料摂取量 (残飼量) 乳量および乳質を評価した。また給与飼料の生理的な影響を検討するため、尾静脈から採血して血液性状を検査した

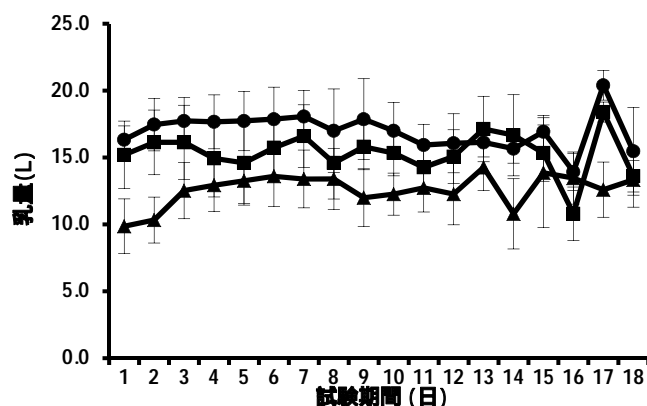


図 2. 乳量
▲ コントロール TMR
● サイレージ TMR
■ BIO-PKC TMR

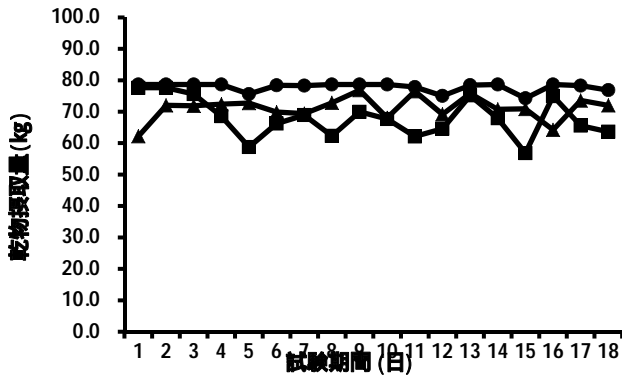


図3 . 乾物摂取量

- ▲ コントロール TMR
- サイレージ TMR
- BIO-PKC TMR

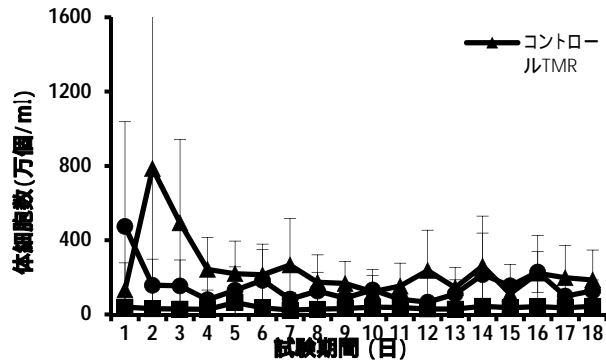


図4 . 乳中の体細胞数

- ▲ コントロール TMR
- サイレージ TMR
- BIO-PKC TMR

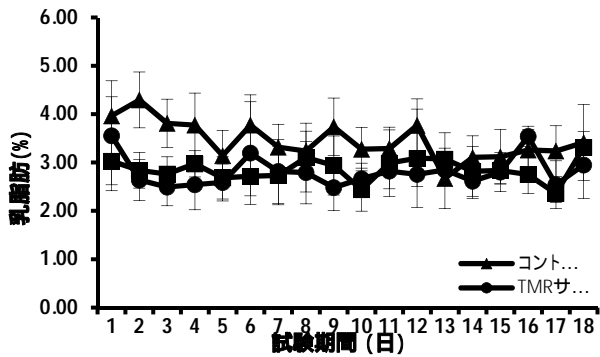


図5 . 乳脂肪

- ▲ コントロール TMR
- サイレージ TMR
- BIO-PKC TMR

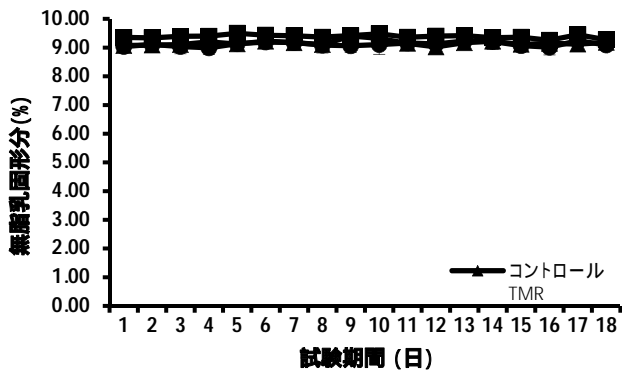


図6 . 無脂乳固形分

- ▲ コントロール TMR
- サイレージ TMR
- BIO-PKC TMR

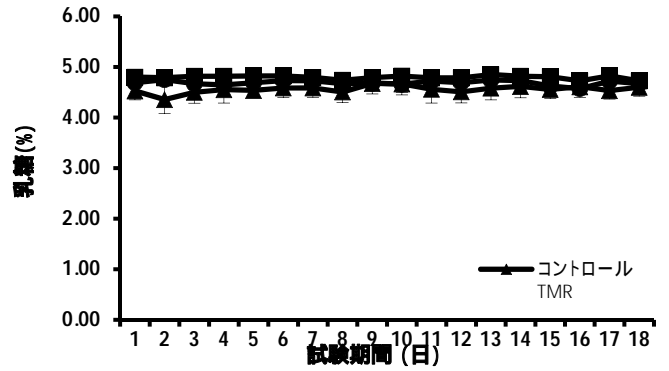


図7 . 乳糖

- ▲ コントロール TMR
- サイレージ TMR
- BIO-PKC TMR

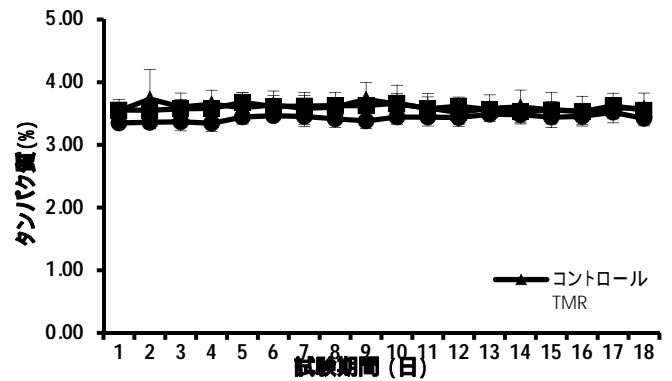


図8 . 乳タンパク質

- ▲ コントロール TMR
- サイレージ TMR
- BIO-PKC TMR

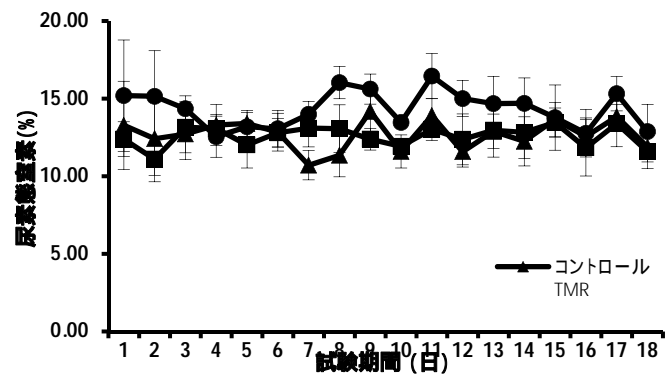


図9 . 乳中尿素態窒素 (MUN)

- ▲ コントロール TMR
- サイレージ TMR
- BIO-PKC TMR

表3.血液性状

	コントロール TMR	サイレージ TMR	BIO-PKC TMR
溶血	88.3(38.6)*	36.9(34.7)	14.3(3.5)
Na	140.2(2.2)	138.1(1.6)	139.3(0.7)
K	4.39(0.32)	4.71(0.22)	4.96(0.14)
Cl	98.0(2.54)	98.1(1.74)	97.3(1.94)
TP	7.46(0.22)	7.67(0.23)	7.60(0.33)
ALB	3.56(0.18)	3.61(0.06)	3.52(0.16)
BUN	14.9(0.4)	17.6(1.5)	15.9(1.2)
GLU	67.3(2.0)	69.1(0.7)	65.7(1.1)
T-CHO	212.1(38.9)	254.6(7.3)	208.6(28.3)
NEFA	194(74.7)	175(12.1)	153(15.6)
Ca	9.76(0.15)	10.13(0.27)	9.97(0.24)
IP	6.09(0.44)	5.49(0.10)	7.15(0.60)
Mg	2.40(0.11)	2.41(0.10)	2.54(0.07)
GOT	109(54.5)	111(27.6)	87(10.8)
3HB	693(48.0)	681(66.0)	852(151.9)
LAC		10.1(5.0)	17.8(4.8)
GTP	18(2.9)	22(4.5)	26(9.4)

* : S.D

BIO-PKC ビートトップ TMR 区およびビートトップサイレージ TMR 区は、いずれも対照区 TMR に比べて乾物摂取量(DMI)に差は示されず、遜色のない乳生産を示した(図2)。乳中の体細胞数は対照区 TMR およびビートトップサイレージ TMR 区では全般に高い値を示したが、BIO-PKC ビートトップ TMR 区は試験期間を通して有意(P < 0.05)に低い値で推移し、正常乳の体細胞数を示した(図4)。

乳成分については乳脂肪、無脂固形分、乳糖および乳タンパク質はいずれも処理間に大きな差は認められなかった(図5-8)。また、乳中の尿素態窒素(MUN)は乳成分と同様に処理間に大きな差は示されなかった(図9)。血液性状については各供試Tの給与で特に問題となるような数値は示されなかったが、BIO-PKC ビートトップ TMR 区は血糖および遊離脂肪酸の数値が若干低い値を示した(表3)。

(6) セルロース・ヘミセルロース加水分解菌の電位制御

本研究で試作した電位規制バイオリアクターの仕様は次の通りである。作用極室：炭素繊維フェルトを充填した被処理液流通型リアクター。対極室：両面を陽イオン交換膜にて分離、リン酸 リン酸ナトリウム対極液を使用。参照極および水素イオン濃度測定電極：pH測定用複合ガラス電極を使用し、参照極はガラス電極と供用した。参照極には銀・塩化銀電極を用いた。本バイオリアクターの特性について、BOD 処理例としてのグルコースの酸化反応性(微生物燃料電池における最も一般的な負極側活物質としてのグルコースを用いたバイオリアクターの特性評価)(表5)、ビートトップの乳酸発酵性(表6)およびビートトップ破砕物の加水分解性(表7)について評価した。

表5.バイオリアクターによるグルコース酸化試験

被処理液	作用極の厚さ(mm)	電流(mA)
グルコース液	7	1.8
グルコース液	50	10.0

ビートトップ液 50 5.8

試験セル・・・作用極：1cm(H)×1cm(W)×7mm もしくは50mm(thickness)炭素繊維フェルト(活性汚泥上澄液を含ませ馴養後+0.5VvsAg/AgClの定電位で10⁻²Mグルコースの酸化電流および破砕ビートトップ固液分離液の酸化電流の測定。)

隔膜：ポリスチレンスルホン酸系陽イオン交換膜

対極：10cm(H)×1cm(W)×7mm(thickness)炭素繊維フェルト

グルコース酸化試験の結果、バイオリアクターに用いた炭素繊維フェルトの活性化法(表面グラファイト化処理および繊維径の調整)が微生物燃料電池用の電極としても有効なものであることを確認した。見掛けの電流密度として10mA/cm²を達成することができた。

表6.pH5.2-5.5における有機酸生成量の電位依存性(mg/L)

電位(VvsAg/AgCl)	乳酸	クエン酸	酢酸	プロピオン酸
-0.1	2700	3100	7800	880
-0.3	17000	890	2800	1400
-0.5	7800	80	1100	120

(pH依存性試験と同条件で実施、保持時間10hrs.)

表7.乳酸生成の至適電位 (mg/mL)

電位(VvsAg/AgCl)	乳酸	クエン酸	酢酸	プロピオン酸
-0.3	15.4	2.8	3.5	0.7

乳酸生成は-0.3 VvsAg/AgClで最高値を示し、-0.5Vまで嫌気性になると乳酸発酵は阻害されることが明らかになった。さらにバイオリアクター処理後の懸濁液について電位-0.3VvsAg/AgCl、保持時間19hrs.乳酸発酵処理試験を行った(表7)。乳酸発酵の電極電位は-0.3VvsAg/AgCl近辺が至適と考えられた。

加水分解性の評価は、電位を印加しない場合、±0.5V(vsAg/AgCl)と印加した場合について生成する還元糖濃度を比較した。グルコース酸化試験に用いたセル(電極厚さ50mm)を用いて、セルラーゼ(*Toricoderma viride* 起源、和光、生化学用)を被処理液30mLに対して約10000units(約10mg)の割合で電極に担持し、24時間反応を行った。ビートトップは乳鉢で破砕したものを使用した。リアクター処理前のビートトップのNDF含量は約250g/kgを示し、電位処理したBIO-PKCを用いた発酵処理により、その約70%の糖化が認められた(表8)。今回の分解性は空気中の酸素との平衡電位よりは嫌気性であるが、それよりも若干好気化することによって、還元糖の生成が顕著に増加した。

表8.BIO-PKC発酵ビートトップ加水分解試験

	BIO-PKC発酵	バイオリアクター処理
固形分濃度(wt%)	11.7	10.1
pH	5.5	5.1
還元糖濃度(mg/L)	7	80
NDF(wt%)	15.5	19.6
ADF(Wt%)	10.7	15.9

5.主な発表論文等

[雑誌論文] (計12件)

Golder, H. M., P. Celi, J. Takahashi, and I. J. Lean, 2016. Effect

of ruminal mechanical stimulating brushes on rumen fermentation and plasma oxidative stress and subsequent milk yield and composition in lactating dairy cattle. *Animal Production Science*, in press. 査読有

浜本 修・高橋潤一. 2015. 地域共生型社会におけるバイオガスプラントの新たな機能について - 分散型負荷平準化施設としての寄与 - 日本大学生物資源科学部人文社会系研究紀要, 12:52-62.

Senevirathne, N.D., T. Okamoto, J. Takahashi, K. Umetsu, T. Nishida. 2012. Effect of mixed microbial culture on fermentation of beverage residues and the effect of the fermented beverage residues on in vitro rumen fermentation and methane production. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, 2: 349-353. 査読有

O'Brien, M., T. Hashimoto, A. Senda, T. Nishida, J. Takahashi. 2013. The impact of *Lactobacillus plantarum* TUA1490L supernatant on in vitro rumen methanogenesis and fermentation. *Anaerobe*, 22:137-140. 査読有

Jayanegara, A., A. Sudarman, E. Wina, J. Takahashi. 2013. Role of saponin-rich sources in relation to ruminal methane mitigation at various addition levels *in vitro*: an evidence from meta-analysis study. *Advances in Animal Biosciences* (Cambridge) 4:293. 査読有

O'Brien, M., M. Shoda, T. Nishida, J. Takahashi. 2013. Synergistic effect of *Alcaligenes faecalis* and nitrate to reduce *in vitro* rumen methanogenesis. *Advances in Animal Biosciences* (Cambridge), 4: 394. 査読有

⑦ Takahashi, J. 2013. Bilateral impact between dairy cattle and global warming (Editorial). *Advances in Dairy Research*, Editorial, 2:1 査読有

Takahashi, J. 2014. Prophylactic modulation of methane and nitrous oxide emitted from ruminants livestock for sustainable animal agriculture (review). *Journal of Animal Science and Technology*, 37:206-214. 査読有

⑨ Li, X., X. Dai, J. Takahashi, N. Li, L. Dai, B. Dong, 2014. New insight into chemical changes of dissolved organic matter during anaerobic digestion of dewatered sewage sludge using EEM-PARAFAC and two-dimensional FTIR correlation spectroscopy. *Bioresource Technology*, 159: 412-420. 査読有

⑩ Jayanegara, A., E. Wina, J. Takahashi, 2014. Meta-analysis on Methane Mitigating Properties of Saponin-rich Sources in the Rumen: Influence of Addition Levels and Plant Sources. *Asian Australasian Journal of Animal Science*, 27:1426-1435. 査読有

Iwasa, M., Y. Mori and J. Takahashi, 2015. Effect of the activity of coprophagous insects on greenhouse gas emissions from cattle dung pats and changes in amount of nitrogen, carbon, and energy. *Environmental Entomology*, 44:106-113. 査読有

Dai, X., S. Chen, Y. Xue, L. D. Dai, N. L. J. Takahashi and W. Zhao, 2015. Hygienic treatment and energy recovery of dead animals by high solid co-digestion with vinasse under mesophilic condition: feasibility study. *Journal of Hazardous Materials*, 297:320-328. 査読有

[学会発表] (計 8 件)

Takahashi, J., 2015. Livestock and greenhouse gas emission: Bilateral impact and mitigation options for sustainable production system, Alexandria, Egypt. pp15-25.2015.10.12

Takahashi, J., 2014. Ruminant feed production from cellulose biomass applied ammonia stripping from digested slurry of thermophilic biogas plant. *Proceedings of The 16th International Conference on Forage Conservation*, Mendel University, Brno, Czech Republic. pp109-112.2014.11.3

Takahashi, J., 2014. Perspective on methane production by dairy goat farm. *Proceedings of the 2nd Asian-Australasian dairy Goat Conference*, Bogor, Indonesia, p25.2014.9.23

Takahashi, J., 2014. Livestock and greenhouse gas emission: impact, assessment and mitigation. *In: Climate Resilient Livestock Feeding Systems for Global Food Security*. A.K. Samanta, R. Bhatta, V. Sejian, A. P. Kolte, P. K. Malik, S. K. Sirohi and C. S. Prasad (eds.), *Global Animal Nutrition Conference 2014*, Bangalore, India. pp37-52. 2014.9.18.

Takahashi, J., 2013. New Concepts of Biogas System for Sustainable Animal Agriculture. *Proceedings of The 15th*

International Conference on Forage Conservation, Animal Production Research Center, Nitra, Slovakia, 49-57.2013.9.25.

高橋潤一・西田武弘・濱本修・中村幸夫, 2013. 発酵ビートトップ飼料創製 セルロース・ヘミセルロース加水分解菌の電位制御. 第117回日本畜産学会, 新潟県・新潟市, 2013.9.9

Takahashi, J., M. Shoda, J. Lee, 2013. Role of biotechnological research to support SAADC-mitigation of methane and nitrous oxide and utilization of agricultural biomass. *Proceedings on The 4th International conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries*, SAADC, Lanzhou, China, pp31-35.2013.7.27.

Takahashi, J., 2013. Perspective on GHG Control towards Sustainable Animal Agriculture. *Proceedings of International Conference on Animal & Dairy Sciences*, Omics Group Conference, Las Vegas, USA, Animal Science-2013, 4:21.2013.6.23.

[図書]

Takahashi, J., 2015. Greenhouse Gases and Sustainable Animal Agriculture, *In: Livestock Production and Climate Change*. P.K. Malik, R. Bhatta, J. Takahashi, Kohn and C. S. Prasad (eds.). CABI, UK, 395pp.

高橋潤一, 2015. 第3編, 第1章 家畜排泄物からのアンモニア生産と燃料電池への応用. 小島由継監修, アンモニアを用いた水素エネルギーシステム, シーエムシー出版, 東京. 239pp

高橋潤一, 2015. 第2章 2. 家畜排せつ物からのアンモニア生産とその利用. 植田充美監修, バイオ水素とキャリア開発の最前線, シーエムシー出版, 東京. 213pp.

Takahashi J., 2013. Lactic Acid Bacteria and Mitigation of GHG Emission from Ruminant Livestock. *In: Lactic Acid Bacteria - R & D for Food, Health and Livestock Purposes*. J. M. Kongo (ed). IN TECH, Croatia, 658pp.

高橋潤一, 2013. 家畜排泄物からのアンモニア生産(バイオガスプラントのアンモニアストリッピングとセルロースバイオマスのアンモノリシス). 植田充美監修, リサイクルバイオテクノロジーの最前線), シーエムシー出版, 東京, 239pp.

[産業財産権].

取得状況

名称: 飼料用発酵コーヒー粕及びそれを用いた飼料, 飼料用コーヒー粕の製造方法

発明者: 高橋潤一・西田武弘・岡本卓也他

権利者: 名和産業株式会社・高橋潤一

種類: 特許

番号: 特許第 5909115 号

出願年月日: 平成 24 年 3 月 2 日

取得年月日: 平成 28 年 4 月 1 日

[その他]

ホームページ等

<http://tech.obihiro.ac.jp/~takahashikaken/beetop/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 潤一 (TAKAHASHI, Junichi)
帯広畜産大学・その他部局等・名誉教授
研究者番号: 2 0 1 1 1 1 9 8

(2) 研究分担者

西田 武弘 (NISHIDA, Takehiro)
帯広畜産大学・畜産学部・准教授
研究者番号: 7 0 3 4 3 9 8 6

(3) 研究協力者

浜本 修 (HAMAMOTO, Osamu)
Martin O'Brien
中村 幸夫 (NAKAMURA, Yukio)
山城 隆樹 (YAMASHIRO, Takaki)