

牧草の貯蔵・利用におけるロールベールの役割と問題点

藤田 裕・岡本 明治

(帯広畜産大学)

土地利用型の家畜生産を効率化する方策として、貯蔵粗飼料通年給与の効用が説かれて久しい。しかし、その間に粗飼料の貯蔵・利用方法は施設・機械ならびに調製・給与体系の改変を繰り返しながら流動し続けている。

現在、北海道の草地利用型酪農では牧草の収納・貯蔵技術としてロールベール方式の普及が目ざましく、乾草とサイレージの調製に対する寄与率が急速に増大しつつある。

本報告では、乳牛飼養における粗飼料利用技術として、とくにロールベールサイレージについて、十勝地域の実態を中心にその役割と問題点を考えてみたい。

1. ロールベール利用の現況

ロールベールの北海道への導入は、昭和49年が開始期とされる¹⁾。当初は乾草収納作業の省力化、効率化を利点として乾草調製における利用が専行していたが、その後ベール被覆の技術と結びついてサイレージ調製への応用が図られるに至った。ロールベールのサイレージ調製への応用には、ポリエチレンフィルム被覆によるロールベール密封法が種々考案され、シート、バッグ方式のほか、現在ではベールラップによる方式が急速に普及している。

北海道の主要酪農地域におけるロールベール保有台数は年々大幅な増加を続けており、昭和58年の調査結果¹⁾とくらべると平成2年度の実績では1.5倍から5倍の伸びを示し、酪農家戸数に対する保有率は60～80%に達した(表1)。

表1 主要酪農地域におけるロールベールの保有状況

| | 平成2年度* ¹ | | 平成58年度* ² | |
|----|---------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| | 台数 | 保有率* ³ | 台数 | 保有率* ³ |
| 宗谷 | 743 | 70.0% | 357 | 28.6% |
| 根室 | 1,592 | 78.7 | 1,118 | 47.8 |
| 釧路 | 1,099 | 59.5 | 483 | 22.6 |
| 十勝 | 1,941* ⁴ | 60.7 | 520 | 12.5 |

*¹道農業改良課調べ。*²参考文献1による。

*³酪農家戸数に対する割合。*⁴十勝農協連調べ。

一方、輸入機、国産機を含めてベールラップの平成2～3年度にかけての保有台数は、宗谷：230台(地域酪農農家戸数に対し20%)、根室：800台(推定、40%)、釧路中部：110台(33%)、十勝：730台(28%、いずれも各地区農業改良普及所調べ)などとなっており、ベールラップサイレージ調製量の急増が推定される。十勝管内では、平成3年4月から9月までの6カ月間に十勝農協連粗飼料分析センターに酪農家から持ち込まれた407点の牧草サイレージ試料のうち、ロールベールサイレージは123点で、総数の約30%を占めている。

2. ロールベールサイレージの品質・養分価

ベールした牧草をサイレージ化するアイデアは早くから実用に供されてきたところで、昭和

50年代には北海道の草地酪農地帯ではコンパクトベールのサイレージ（当時「バイレージ」と称した）が少なからず調製利用された実績がある。しかし、密封方法が不完全な場合が多くベール同士の接合面からの発黴変質や取り出し運搬の不便さなどがネックとなって、必ずしも広汎には普及しなかった。ロールベール（以下RBSと略記する）方式では、一個あたりの量が大型化したことと、密封法が洗練されたためコンパクトベールサイレージの上記の欠点が消去されたと考えることができる。

現在、貯蔵性や化学的品質に関連する事項でRBSの問題点と目されるのは、被覆材の破損（運搬時の引っかき傷や擦傷、鳥獣・昆虫害、強風、ピンホール）による貯蔵中の変敗と、開封後の日数経過に伴う巻き層の接合面の発黴や深部の発熱である。現地では、前者については被覆フィルムの多重使用（ラップでは3～4層）、後者については開封後1～2日内の給与完了を図るなどの措置で対処されている。

牧草貯蔵システムとしてのRBSの主要利点の一つは、かりに乾草調製を目的に刈り取りと乾燥処理を開始しても、天候条件によってはサイレージ調製に切り替えることができる点にあることが強調されている。実際に、このような緊急避難的なRBSの利用例が多いかどうかは不明であるが、RBSの普及に同調するように、

最近、牧草サイレージの水分含量に異変が起きているのは事実である。十勝の平成2年度におけるフォレージテストの総括成績²⁾によると、水分含量60%以下の低水分サイレージが牧草サイレージ全体（1番草 553試料）の44%に上り、さらに水分44%以下のものが18%を占めている（図1）。

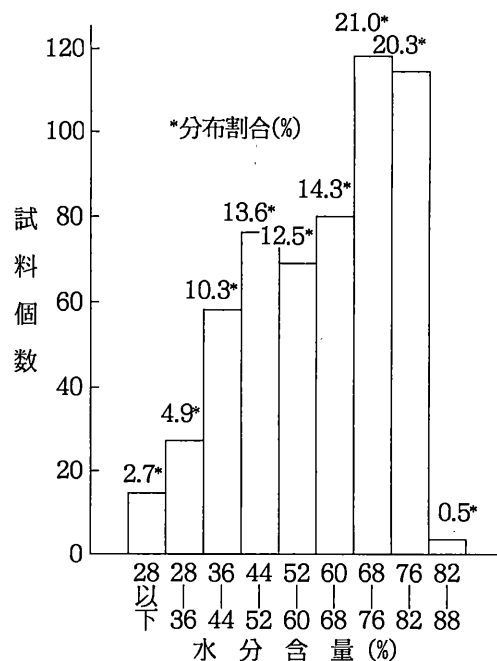


図1 牧草サイレージの水分含量の分布 (十勝地域, 平成2年度)

また、RBSの水分含量は、平均51.8%（変動係数：25%）となっている（表2）。

表2 ロールベールサイレージおよびロールベール乾草の養分価（十勝）^{*1}

| | サイレージ | | 乾草 | |
|---------------------|------------------|---------------|------------------|---------------|
| | ロールベール (N=56) | 全体 (N=553) | ロールベール (N=65) | 全体 (N=392) |
| 水分 | 51.8±13.2* | 60.8±15.9 | 13.6±3.8 | 10.7±4.5 |
| C P ^{*3} | 12.1±3.6 | 12.9±2.4 | 8.8±2.6 | 8.0±2.2 |
| T D N ^{*3} | 55.6±3.5 | 58.6±5.6 | 53.5±3.1 | 54.9±2.8 |

^{*1}十勝農協連・農産化学研究所資料（1番草, 平成2年度）より作成。

^{*2}平均値±SD。 ^{*3}乾物あたり%。

これらの数値は、RBSの出現によって牧草サイレージの大幅な低水分化が進展したこと、乾草とサイレージの水分含量の境界が不明確になりつつあることをうかがわせる。

よく知られているように、サイレージの化学的品質は低水分化（ヘイレージの調製）によって改善され、酪酸やアンモニアの生成が抑止される。このことは、サイレージの悪臭を絶つのに効果的に働くため、この点で低水分RBSの普及は、飼料価値への影響とは別に牛舎とその周辺の飼育環境および作業環境の改善に貢献する側面を持つ。

ロールベール調製時の水分含量は、乾草、サイレージを通して、収納後の「燻炭化」あるいは発火、軽度の場合でも芯部の熱変成による蛋白質消化性の低下との関係が密接なことは、よく知られているところである。ラップ方式による密封（空気遮断）は、原料草の水分含量が上記現象の危険域（30～40%）にある場合、危険防止に有効に働くと考えられる。ただし、RBSの水分含量と開封後の発熱の関係についての検討例³⁾によると、低水分（水分含量：49%）の場合は、開封後20時間以降、内部温度の急激な上昇がみられる（図2）。

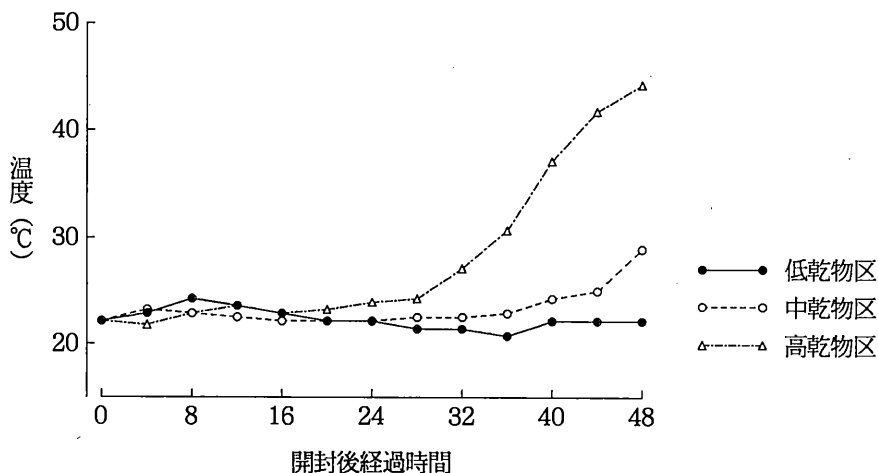


図2 ロールベールサイレージ開封後の温度変化³⁾

この点から、予乾過度のRBSでは開封後の放置時間をなるべく短くすることが、養分損失の面からも必要である。

一方、高水分状態（水分29%）でロールベールされた乾草をそのまま放置した場合の発熱を、乾草のアンモニア処理との関係で検討した例⁴⁾では、次のような発熱パターンがみられた（図3）。

① 無処理ロールは放置開始とともに発熱し始め、3～4日目には50°C近くに達する。

② その後、10～14日にかけていったん低下傾向を示すものの、再び上昇し40°C程度に達する。

③ この40°C程度の発熱が約2週間続き、放置開始後4週目で発熱はおおよそ鎮静化する（この間にベール水分は蒸散により通常乾草のレベルにまで減少する）。

このようなロールベールの発熱パターンは原料草水分、ベールの緊密度、外気温などの条件により一定でないと考えられるが、この例では、約4週間の発熱により、乾物で19%、粗蛋白質

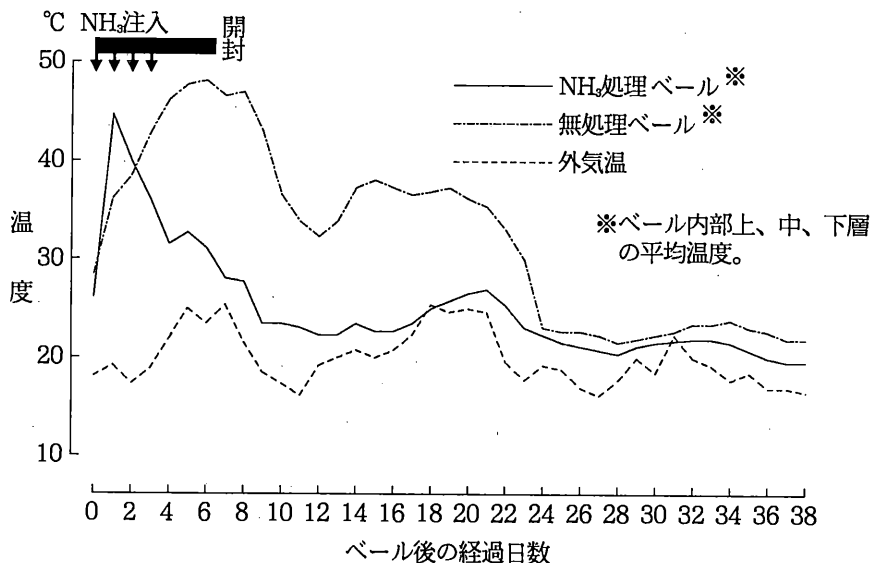


図3 高水分ベール乾草の内部温度変化¹⁾

で29%の損失を生じている。高水分状態でベールしたものでは、できるかぎり早く密封処置をとることが必要なことが理解される。なお、前記のアンモニア処理は、ロールベールおよびラッピングの技術と結合し、主に麦稈の飼料価値改善法としてシステム化が図られているのは周知の通りである。

ロールベール（乾草とサイレージの両方を含む）の養分価（CP, TDN）は、現在のところ管内の同種粗飼料の平均値と同程度かやや低い傾向を示しており、全体としては、ロールベール化自体が養分価の改善に寄与したとする証拠は見出されない（表2）。

同一原料草によって調製されたRBSとスタックサイレージの比較試験成績⁵⁾によると、RBSは、貯蔵過程での発酵がやや抑制される傾向を持つが、養分価には大きな差はなかった（表3）。同じRBS処理を加えた同じ草地産の牧草サイレージでも、原料草の条件（刈り取時期／生育段階や水分含量）によって発酵品質・養分価は変わる（表4, 5）^{3, 6)}。養分価を

左右する要因として、刈り取り時期の影響が支配的なことはロールベールの場合も当然例外ではない。

表3 ロールベールサイレージとスタックサイレージの発酵品質・養分価および乳生産に対する効果の比較⁵⁾

| | ロールベール | スタック |
|---------------------------|-------------|-------------|
| 水分 (%FM) | 57.7 | 58.3 |
| C P (%DM) | 13.8 | 13.2 |
| A D F (%DM) | 32.9 | 34.2 |
| ENE (Mcal/kgDM) | 1.35 | 1.32 |
| pH | 5.31 | 4.85 |
| 乳酸 (%FM) | 0.54 | 1.10 |
| 酢酸 (%FM) | 0.14 | 0.28 |
| 酪酸 (%FM) | 0.02 | 0.12 |
| NH ₃ -N/TN (%) | 3.7 | 4.4 |
| 乾物採食量 (kg/日) | 18.8 ± 3.4* | 19.2 ± 2.3 |
| 実乳量 (kg/日) | 21.2 ± 3.7 | 22.5 ± 2.5 |
| FCM 乳量 (kg/日) | 21.8 ± 2.9 | 22.9 ± 1.8 |
| 乳生産粗効率 (%) | 37.0 ± 5.0 | 36.6 ± 3.9 |
| 乳脂肪率 (%) | 4.16 ± 0.32 | 4.12 ± 0.25 |
| 無脂固形分率 (%) | 8.43 ± 0.17 | 8.47 ± 0.10 |
| 乳蛋白質率 (%) | 2.89 ± 0.15 | 2.88 ± 0.09 |
| 乳糖率 (%) | 4.50 ± 0.15 | 4.55 ± 0.14 |

* 供試牛各群4頭の平均値 ± SD。

表4 刈取時期の異なるロールペールサイレージ (RBS) の発酵
品質・養分価および乳生産に対する効果の比較⁶⁾

| | | | 早刈サイレージ | 慣行刈サイレージ | |
|---------------------------|---|-------|-------------|-------------|------|
| 水 | 分 | (%FM) | 49.0 | 68.3 | |
| C | P | (%DM) | 18.9 | 16.4 | |
| A | D | F | (%DM) | 28.0 | 33.7 |
| T | D | N | (%DM) | 67.7 | 65.6 |
| pH | | | 5.46 | 4.20 | |
| 乳 | 酸 | (%FM) | 1.09 | 3.34 | |
| 酢 | 酸 | (%FM) | 0.15 | 0.34 | |
| 酪 | 酸 | (%FM) | 0.04 | 0.07 | |
| NH ₃ -N/TN (%) | | | 5.9 | 5.5 | |
| 全乾物採食量 (kg/日) | | | 23.5 ± 2.6* | 21.6 ± 1.6 | |
| RBS 乾物採食量(kg/日) | | | 18.2 ± 2.6 | 16.3 ± 1.6 | |
| 実 乳 量 (kg/日) | | | 29.1 ± 2.1 | 27.8 ± 2.7 | |
| F C M 乳量 (kg/日) | | | 29.9 ± 2.6 | 27.7 ± 2.6 | |
| 乳 脂 肪 率 (%) | | | 4.22 ± 0.57 | 4.01 ± 0.64 | |
| 無脂固形分率 (%) | | | 8.76 ± 0.22 | 8.61 ± 0.28 | |
| 乳蛋白質率 (%) | | | 3.00 ± 0.15 | 2.85 ± 0.14 | |
| 乳 糖 率 (%) | | | 4.88 ± 0.18 | 4.99 ± 0.25 | |

* 供試牛各群 4 頭の平均值 ± SD。

表5 乾物含量の異なるロールペールサイレージ (RBS) の発酵
品質・養分価および乳生産に対する効果の比較³⁾

| | | | 低 乾 物 | 中 乾 物 | 高 乾 物 | |
|---------------------------|---|-------|-------------|-------------|-------------|------|
| 水 | 分 | (%FM) | 68.6 | 58.0 | 48.8 | |
| C | P | (%DM) | 13.6 | 13.0 | 12.6 | |
| A | D | F | (%DM) | 39.2 | 39.1 | 38.0 |
| T | D | N | (%DM) | 68.9 | 68.1 | 68.3 |
| pH | | | 5.1 | 5.3 | 5.6 | |
| 乳 | 酸 | (%FM) | 1.49 | 1.38 | 1.31 | |
| 酢 | 酸 | (%FM) | 0.20 | 0.23 | 0.25 | |
| 酪 | 酸 | (%FM) | 0.08 | 0.03 | 0.01 | |
| NH ₃ -N/TN (%) | | | 7.0 | 5.6 | 4.1 | |
| 全乾物採食量 (kg/日) | | | 21.4 ± 2.0* | 22.6 ± 1.2 | 22.3 ± 1.2 | |
| RBS 乾物採食量(kg/日) | | | 14.5 ± 2.0 | 15.7 ± 1.2 | 15.4 ± 1.2 | |
| 実 乳 量 (kg/日) | | | 27.4 ± 2.0 | 27.7 ± 2.2 | 28.7 ± 2.2 | |
| F C M 乳量 (kg/日) | | | 26.9 ± 3.1 | 27.3 ± 3.2 | 28.2 ± 3.0 | |
| 乳 脂 肪 率 (%) | | | 3.86 ± 0.59 | 3.91 ± 0.61 | 3.90 ± 0.42 | |
| 無脂固形分率 (%) | | | 8.37 ± 0.16 | 8.41 ± 0.19 | 8.35 ± 0.16 | |
| 乳蛋白質率 (%) | | | 2.87 ± 0.18 | 2.90 ± 0.21 | 2.87 ± 0.20 | |
| 乳 糖 率 (%) | | | 4.62 ± 0.12 | 4.63 ± 0.15 | 4.61 ± 0.09 | |

* 供試牛各群 4 頭の平均值 ± SD。

3. ロールベールサイレージの給与

(1) RBS採食量の実態

十勝の酪農家についての調査結果⁷⁾によると、RBSの給与方法は、[スタンションでほどこいて長いまま給与=69戸の調査農家中47戸：51%]と[パドックでロールのまま草架に入れて給与=同42%]の二方法がほとんどを占め、細切しての給与はわずかである。

スタンションでのRBS給与は、通常、定量給与の形であり、常用している粗飼料の種類と構成割合に基づいてRBSの採食量はおおよそ一定している。粗飼料がRBS(スタンションでほどこいて給与)、コーンサイレージおよび乾草で構成されている十勝の平均的給与パターンの牛群の調査例⁸⁾では、RBS採食量(乾物)は3.6~4.2kg、粗飼料全乾物のなかでRBS乾物の占める割合は28~29%であった。これらの農家では乾草を自由採食させているが、一般にその採食・嗜好性が充分でなく、粗飼料からの乾物供給上、RBSの給与は大きいと認識されている。

一方、RBSは、パドック内の草架でロールのまま自由採食させる給与方法も常用される。この方法は粗飼料の不断給与という栄養生理面の利点と、給飼の省力化という管理面での効用が大きいが、個体の採食量が把握できないので個体の栄養管理上は難点をもつ。すなわち、草架方式で自由採食させた場合、牛群内の個体による採食量はどの程度変動するか、その変動に関与する要因はなにか、が問題となろう。

十勝の酪農家牛群について、RBS自由採食量とその関連事項を検討した現地調査成績⁹⁾では次のような結果が得られている。

① 全牛平均のRBS乾物自由採食量は、9.3kg/日(4.2~18.3kg)で、体重に対する採食割合は1.34%(0.67~2.20%)。

② RBS採食に費やす時間は平均118分(68~206分)、採食回数4.7回(3~7回)、1回あたり採食時間26分(13~43分)で、採食時間帯はパドック内放飼開始後2~3時間内が最大となる。

③ RBS採食量との間に有意な相関がある関連要因は、FCM乳量($r=-0.716$)、体重(0.445)、分娩後日数(0.515)、配合飼料採食量(-0.583)、配合飼料を含む他飼料の採食量(-0.527)。

この調査成績ではRBS自由採食量は個体変動がかなり大きいと同時に、乳量と負の相関をもつことが示された。その理由として、乳量の高い泌乳初期の個体は、配合飼料採食量が多く、相対的に粗飼料採食量が低下する一方、泌乳末期の低乳量グループはRBS以外の飼料が制限されている結果、自由採食のRBS採食量が多くなるためと考えられた。この結果は、RBSを草架方式で自由採食させる場合、とくに高乳量牛の採食状況(採食時間や回数)の個体別観察が粗：濃比バランスの確認や養分充足の判定に不可欠なことを示唆するものといえる。

RBSの採食量に関して、一般に、草架方式のRBS給与では、草架からの引っ張り出しによる「こぼしロス」が多いことが指摘されている。その対策としては、草架構造の工夫(斜め棚、下部受皿部の設置)も実行されているが、良質RBSの場合は「こぼし」が極めて少ないことも観察されている(刈り遅れ原料草によるRBSの場合、採食部分の選択が激しくなり「こぼし」が多くなる)。

また、パドック内草架の採食スペースと給与時間が飼養頭数に対して充分でないと、採食時に競合が起こり、弱少牛による「引っ張り出し」と「食い負け」を招くことが現地では問題点として観察されている。

(2) RBSの給与と乳生産

RBSは、現在のところ粗飼料調製の簡便化、効率化が大きな利点として認識され利用されていて、乳生産に直接どのような影響を与えているかの検証例は極めてすくない。しかし、前記のように、RBSの養分価は、他のサイレージ調製法とくらべて差は認められないので同じ飼養形態・飼料構成をとる限りRBS自体が特別な乳生産上の飼養効果を生むことは期待できないとみるべきであろう。

RBSとスタックサイレージ(SS)の給与効果を比較した試験成績⁵⁾によると、RBS給与群とSS給与群の乳量、乳質、乳生産粗効率には大きな差は認められていない(表3)。

同じRBS方式の場合、乳生産に対するRBS給与の効果は、原料草の刈り取り時期のちがいによる養分価と採食量の差に着実に反応しており、原料草の条件がRBSの飼養効果を決定する主要因であることが分かる(表4)⁶⁾。

また、調製時の水分含量が異なる場合の乳生

産に対するRBSの給与効果も、水分含量が49～69%の間ではほとんど差はない(表5)⁷⁾。

乳牛群に対するRBSの給与は、前項でふれたように、十勝ではロールを牛舎内(または牛舎付近)に運び、ほどいて給与する場合とパドック内でそのまま給与する、という二つの形が汎用されている。これは、十勝の飼養形態が現在のところスタンション方式が主流であることに根ざすもので、フリーストール・TMR方式の実施例が増加すれば、RBSの給与方法は変わらざるを得ず、細切・混合になじまないRBSの利用量そのものの変化することになる。今後、RBSの利用法が開封後の細切システムの開発と連動して、さらに利用量が増加するか、それともバンカーサイロ方式への回帰が進展するのかは、作業機械・施設への投資力や、牧草収穫収納時の労働力確保の問題に帰着する。酪農経営をめぐる今後の社会・経済情勢の展開方向がRBS利用の動向に反映する可能性が大きいと思われる。

参 考 文 献

- 1) 島田実幸、北海道における家畜管理技術の発展(第4章 飼料生産技術)。北海道家畜管理研究会報。第21号:71-82。1986。
- 2) 十勝農業協同組合連合会、平成2年度飼料分析集計結果報告書。1991。
- 3) 岡本明治・池滝 隆・中西雅昭・吉田則人、乾物含量を異にした牧草サイレージ給与が乳生産に及ぼす影響。日草誌, 36(別):131-132。1990。
- 4) 熊瀬 登・出原裕次・佐藤泰子・藤田 裕、高水分ロールベール乾草の貯蔵性と栄養価に及ぼすアンモニアガス処理の効果、帯広畜産大学学術研究報告, 13:43-50。1982。
- 5) 岡本明治・池滝 隆・田沢多佳子・越田雄三・吉田則人、調製法を異にした牧草サイレージの単一給与による乳牛の産乳性。日草誌, 37(別):241-242。1991。
- 6) 岡本明治・池滝 隆・太田三郎・吉田則人、刈取時期を異にしたロールベールサイレージの乳生産に及ぼす影響。日草誌, 36(別):253-254。1989。
- 7) 農水省北海道農業試験場草部飼料調製研究室・北海道立十勝農業試験場専技室・十勝農業協同組合連合会、ロールベールラップの効用に関するアンケート調査 — ラップ方式とバック方式の比較 —。1990。
- 8) 十勝農業協同組合連合会、市場開放下における十勝酪農 — その展望と対策 — (資料編3:飼料給与技術対策調査報告書)。1990。
- 9) 藤田 裕・松岡 栄・高橋潤一・熊瀬 登・鞆田憲一・須田孝雄・青谷宏昭、泌乳牛のロールベールサイレージ自由摂取量と摂取行動の個体変動。日本畜産学会北海道支部会報, 34(1):30。1991。