

コンテナサイロによる地ビール粕の貯蔵・利用技術の開発

近藤 恒夫*¹⁾・河本 英憲*¹⁾・村元 隆行*²⁾・東山 雅一*¹⁾

抄 録：地ビール粕の飼料利用を図るために、市販のプラスチック製コンテナを用いた簡易サイロを考案するとともに、このサイロによる地ビール粕サイレージの調製・貯蔵試験を行った。その結果、このサイロにより調製した地ビール粕サイレージは発酵品質が良好であり、開封後の好気的変敗も起こりにくいことが明らかになった。現地試験の結果も踏まえて、コンテナサイロを用いた地ビール粕の飼料利用システムを提示した。

キーワード：コンテナサイロ、地ビール、ビール粕、サイレージ、飼料

Preservation and Utilization of Local Brewer's Wet Grain as Feed by Using a Newly Developed Simple Silo : Tsuneo KONDO*¹⁾, Hidenori KAWAMOTO*¹⁾, Takayuki MURAMOTO*²⁾ and Masakazu HIGASHIYAMA*¹⁾

Abstract : A simple silo was newly developed to preserve and utilize local brewer's wet grain as feed. Ensiling local brewer's wet grain in the simple silo produced silage with good fermentation qualities. Aerobic deterioration of the silage after opening the silo was hardly observed. A utilization system of local brewer's wet grain as feed is proposed, based on the results of field experiments.

Key Words : Brewer's wet grain, Silage, Feed, Silo

I 緒 言

地ビールとは、中小の醸造事業所によりその土地・地域で少量生産されるビールのことをいう。1994年の酒税法改正で、年間最低製造数量の基準が2000klから60klに引き下げられたことにより、その生産が広がった。1995年には17事業所、96年には65事業所、ピークとなる97年には117の事業所が参入し、2002年には、事業所数は全国で220以上にのぼっている。

ビールの醸造工程ではビール粕、麦芽根、ホップ粕、ビール酵母など、さまざまな副産物が産出されるが、最も多量に産出されるのがビール粕である。ビール粕は麦芽（オオムギ）の糖化液から麦汁を濾別する際に残る不溶解物で、飼料として有用であるが、水分が高く、常温でそのまま放置するとすぐに腐敗してしまう（森本 1985）。そこで、大手ビー

ルメーカーでは、自社内の施設でビール粕を脱水機で水分を低くしてからトランスバッグに詰めて密封し、サイレージ化して、主に牛用飼料として流通させる（今井 2000）などの対応をとってきた。

しかし、地ビール醸造事業所のほとんどはこうした処理施設をもたないため、ビール粕の処理に多少とも苦慮しているのが実状である。循環型社会形成推進基本法の制定を受けて策定された、食品リサイクル法に適切に対応するためにも、地ビール製造事業所の実態に合った処理法を明らかにする必要がある。

本研究では、こうした課題に対処し、できるだけ簡便な処理による地ビール粕の通年的・安定的な飼料利用を図るため、コンテナサイロを用いた地ビール粕の貯蔵・利用技術を開発した。なお、この研究の幾つかの結果については既に報告しているが（河本ら 2004、河本ら 2005、近藤ら 2005）、本論

* 1) 東北農業研究センター (National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Morioka, Iwate 020-0198, Japan)

* 2) 現・岩手大学 (Iwate University, Morioka, Iwate 020-8550, Japan)

2007年9月25日受付、2007年11月29日受理

文はそれらに加筆し、未発表データも加えて、新たに取りまとめたものである。

II 北東北における地ビール生産および地ビール粕の処理実態

1. 調査方法

2002年から2003年にかけて、青森県、岩手県、宮城県および秋田県に所在する12の地ビール製造事業所を対象に、ビール生産量、原料使用量、ビール粕の処理等について聞き取り調査を行った。

2. 結果と考察

2002年3月末時点で、東北地域には製造免許を受けた事業所が21カ所あり、本研究ではそのうち北東北を中心として12カ所の事業所を調べた(表1)。ビールの年間生産量は最も多い事業所で500kl、最も少ない事業所で12klと幅広かったが、半数の事業所は60klから90klの間であった。仕込み1回あたりの麦芽使用量は200kg内外とする事業所が8カ所と多く、360kg~500kgの範囲にある事業所が4カ所あった。

ビール粕の処理についてみると、堆肥製造業者あるいは廃棄物処理業者に処理を委ねていた事業所が3カ所、自施設内で処理(堆肥)していた事業所が1カ所であり、農家に処理を委ねていた事業所は8カ所であった。農家の内訳をみると、耕種農家が1カ所、畜産農家が7カ所であり、耕種農家では堆肥に、畜産農家では主に飼料に利用していた。なお、多くの事業所では、排出されたビール粕を一時的に

ストックするのに容量500l内外のコンテナ、あるいは大型のポリバケツを用いていた。

E事業所では、かつては畜産農家に処理を委ねていたが、①ビール粕の排出が不定期である、②腐敗しやすい、③水分が多いことなどが問題となり、畜産農家での処理は中止となった。これらの問題はE事業所の場合だけにとどまらず、ビール粕を飼料として利用している畜産農家に共通して聞かれた。

調査した12の事業所のうち、8事業所はレストランを併設していた。これらの事業所では、特に夏の暑熱期に発生しやすいビール粕の腐敗臭を防ぐことを課題としてあげていた。

以上の聞き取り調査結果により、地ビール粕の腐敗を防ぐ簡易な処理と飼料利用に関する技術の開発は、地ビール製造事業所、畜産農家の双方にとって重要な課題であることが確認された。また、地ビール生産量などから推して、地ビール粕貯蔵用のサイロの大きさは500l程度が一つの目安であると推察された。

III 小規模コンテナサイロによる地ビール粕サイレージの調製・貯蔵

1. 材料と方法

1) 小規模コンテナサイロの作成

市販のプラスチック製の角形コンテナ(容量36l:長さ46cm、幅30.5cm、深さ26cm)を用いて簡易サイロを作成し、地ビール粕の調製・貯蔵試験を行った。簡易サイロは密封サイロと水蓋サイロの2

表1 北東北における地ビール製造事業所のビール生産およびビール粕処理の実態

事業所	ビール生産量 (kl/年)	麦芽使用量 (t/年)	仕込み1回あたりの 麦芽使用量 (kg)	ビール粕の処理	備考
A	40	8	200	堆肥製造業者へ	
B	12	3	200	廃棄物処理業者へ	レストラン併設
C	500	100	500	肉牛農家(飼料利用)へ	レストラン併設
D	60	11	180	肉牛農家(飼料利用)へ	レストラン併設
E	70	14	200	堆肥製造業者へ (以前は畜産農家へ)	レストラン併設
F	80	14	360	自施設内で堆肥製造 (以前は畜産農家へ)	
G	90	22	500	畜産農家(飼料利用)へ	
H	30	6	200	養鶏農家(飼料利用)と 肉牛農家へ(堆肥)	レストラン併設
I	80	16	200	肉牛農家(飼料利用)へ	レストラン併設
J	50	10	200	耕種農家(堆肥)へ	レストラン併設
K	120	22	375	肉牛農家(堆肥)へ	レストラン併設
L	65	16	240	酪農家(飼料利用)へ	レストラン併設

注. ビール生産量には発泡酒の生産量も含む。

種類作成した(図1)。密封サイロは、上辺に密着資材(市販の防水すき間埋めテープ)を張り巡らしたコンテナ本体、透明なアクリル板の蓋、ダブルクリップから構成された。水蓋サイロは、活栓を付したコンテナ本体、ビニールシート(厚さ<0.02mm)、水で構成された。

2) 地ビール粕サイレージの調製・貯蔵試験

G事業所から排出された地ビール粕を試験に供した。密封サイロでは、コンテナ本体の上辺近くまで地ビール粕を詰め、軽く抑えてからアクリル板の蓋を被せ、ダブルクリップで蓋、防水すき間埋めテープおよびコンテナ本体上辺を挟み付けて外気と遮断した。水蓋サイロについては、コンテナ本体に地ビール粕を詰め、表面を平らにならしてビニールシートを被せてから水を注ぎ、外気と遮断した。水蓋サイロの試験では、水深5cm、10cm、15cmの試験区を設定し、詰め込み後4日間、コンテナ下部に取り付けた活栓から排汁した。密封サイロ、水蓋サイ

ロとも、25℃に調温した室内に貯蔵した。

貯蔵してから19日後に開封し、目視によりサイレージのカビ発生の有無を調べた。また、pHをガラス複合電極pHメータにより、水分含量を熱乾法(135℃、2時間)により測定した。開封後の好気的変敗を調べるために、サイレージの温度変化を温度センサ(長尺リード付温度センサ)でモニターした。

2. 結果と考察

小規模コンテナサイロで調製した地ビール粕のサイレージは、サイロの種類によらずpHが3.5~3.6と十分に低いものであった(表2)。

水蓋サイロの水深10cm以下の条件ではカビの発生が認められたが、19日程度の貯蔵期間であれば、カビによる破棄量は少ないとみられた。密封サイロ、水深15cmの水蓋サイロでは、貯蔵中にカビの発生は認められなかった。

地ビール粕をコンテナ本体に入れ、外気に触れたままサイレージ化しないで放置すると、表面は10時

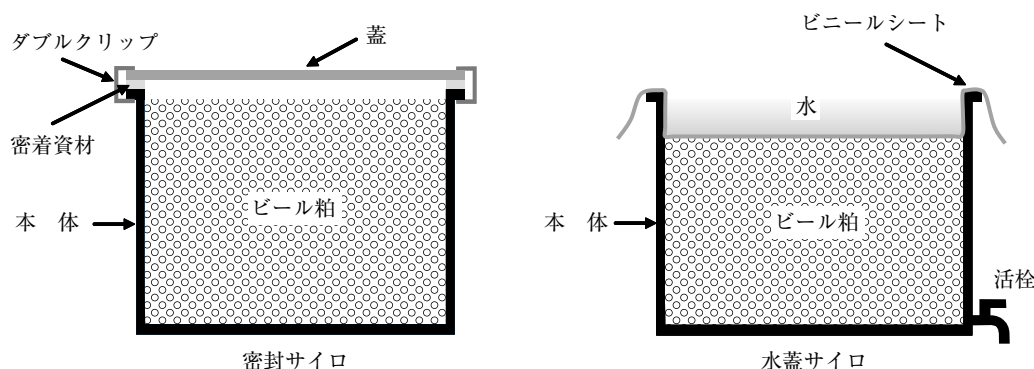


図1 小規模コンテナサイロの模式図

表2 小規模コンテナサイロで調製した地ビール粕サイレージの性状

	生 粕	サイレージ			
		密封サイロ	水蓋サイロ		
			水深 5 cm	水深10cm	水深15cm
pH	-	3.47	3.56	3.52	3.50
カビによる廃棄量 (%)	-	0	0.9	0.3	0
乾物率 (%)	-	22.1	20.7	21.4	22.2
排汁量 (ml/kg)	-	-	47	181	63
発熱までの時間 (hr) *					
表面から 5 cm	13	113	22	31	29
表面から10cm	15	113	27	48	46
表面から15cm	21	148	-	-	-

注. 数値は2連試験の平均値。

*生粕についてはコンテナに詰めてからの時間、サイレージについては開封後の時間。

間程度で発熱し始めた。一方、サイレージの開封後の発熱は、密封サイロでは100時間以上経過してから、水蓋サイロでは20~30時間経過してから観察された。

以上のことから、密封サイロ、水蓋サイロともpHが十分に低い地ビール粕サイレージを調製できることが明らかとなった。また、密封サイロは、水蓋サイロに較べて開封後の好気的変敗の進行が遅いことから、開封後の貯蔵性にも優れると推察された。

IV 実規模コンテナサイロによる地ビール粕サイレージの調製・貯蔵

1. 材料と方法

1) 実規模コンテナサイロの作成

市販のプラスチック製の角形コンテナ（容量400l：長さ1000cm×幅700cm×深さ600cm、容量500l：長さ1230cm×幅755cm×深さ550cm）を用いて、実規模コンテナサイロを作成した（図2）。このサイロは、移動用キャスター（コンテナ本体のオプション、150φゴム、一組は自在、一組は固定）と排汁口（コンテナ本体のオプション、1.5インチ）を装着したコンテナ本体、周囲に密着資材（市販の防水すき間埋めテープ、幅5cm）を張り巡らした蓋（コンテナ本体のオプション）から構成され、コンテナ本体側面にはUボルトを付して、市販のゴムベルトまたは自転車ゴムチューブを架けて蓋を固定できるようになっている。

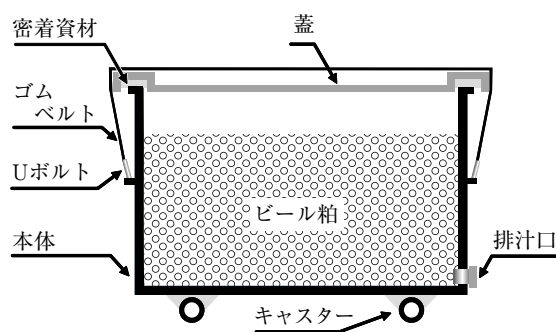


図2 実規模コンテナサイロの模式図と外観

2) 地ビール粕サイレージの調製・貯蔵試験

C事業所から排出された地ビール粕を試験に供した。コンテナ本体（容量400l）にビール粕を詰め、表面を軽く抑えて平らにならしてから蓋を被せ、ゴムベルトで締めて密封した。地ビール粕の詰め込み量については2つの処理区、コンテナ本体上端まで詰めた区（A区）とコンテナ本体上部に16cm程度の空間ができるように詰めた区（B区）を設定した。ビール粕を詰め込む際に、温度センサを表面から10cm、20cmおよび30cm下に埋め込み、貯蔵中の温度変化をモニターした。密封してから20日後に開封して分析用サンプルを採取した後、25℃に調温した室内に開封したまま放置した。

3) サイレージ発酵品質の分析

サイレージ原物にその4倍量の蒸留水を加え、4℃で一晩浸漬して得た抽出液を用いて、ガラス複合電極pHメータによりpHを、高速BTBポストラベル法により有機酸を（大桃ら 1993）、水蒸気蒸留法により揮発性塩基態窒素（VBN）（柁木 2001）を測定した。また、サイレージの水分含量を熱乾法（135℃、2時間）で求めた。

4) 飼料成分分析

サイレージ原物を60℃で48時間通風乾燥した後、メッシュサイズ1mmのふるいを通過する粒度に粉碎した試料を用いて、常法（阿部 2001a、b）により粗蛋白質、粗脂肪、総繊維（OCW）、低消化性繊維（Ob）および粗灰分について分析した。

2. 結果と考察

コンテナ上端まで詰め込んだA区では、貯蔵中に本体と蓋の間から排汁が少々噴出した。開封時の観察では、A区、B区ともカビの発生は認められなかった。B区には表面にやや黒ずんだ箇所がごく僅かながらあったが、破棄部分はほとんどなかった。

実規模コンテナサイロで調製した地ビール粕サイレージは、A区、B区とも、pHが3.6程度で十分に低く、乳酸含量も0.9%程度と高かった（表3）。また、揮発性塩基態窒素が少なく、良好な発酵品質のサイレージであった。飼料成分についてみると（表4）、材料（生粕）、A区のサイレージ、B区のサイレージの間に大きな違いはなかった。

図3に地ビール粕の貯蔵中の温度変化を示す。A区、B区とも、また表面からの深さによらず、ほぼ同じ温度変化であったので、図にはA区の表面から10cmの深さのデータだけを表示している。排出後

表3 実規模コンテナサイロで調製した地ビール粕サイレージの発酵品質

	乾物率(%)	pH	有機酸含量(新鮮物中%)			揮発性塩基態窒素/全窒素(%)	V-SCORE
			乳酸	酢酸	n-酪酸		
サイレージA区 表面	21.3	3.5	0.95	0.08	0.04	2.3	97
〃 内部	17.3	3.6	0.89	0.04	0.07	2.7	94
サイレージB区 表面	19.3	3.6	0.91	0.16	0.02	2.4	99
〃 内部	16.1	3.6	0.94	0.05	0.06	2.6	95

注. 1) サイレージA区：コンテナ本体の上辺まで地ビール粕を詰めて密封。
 2) サイレージB区：コンテナ本体の上部に16cm程度の空間ができるよう地ビール粕を詰めて密封。

表4 実規模コンテナサイロで調製した地ビール粕サイレージの飼料成分

	乾物率(%)	粗蛋白質	粗脂肪	総繊維	低消化性繊維	粗灰分
		乾物中%				
材料(生粕)	15.5	22.0	6.8	53.1	40.2	3.2
サイレージA区	17.3	23.7	7.7	55.4	39.1	3.0
サイレージB区	16.1	24.4	7.8	55.6	39.7	3.0

注. サイレージA区、B区については表3を参照。

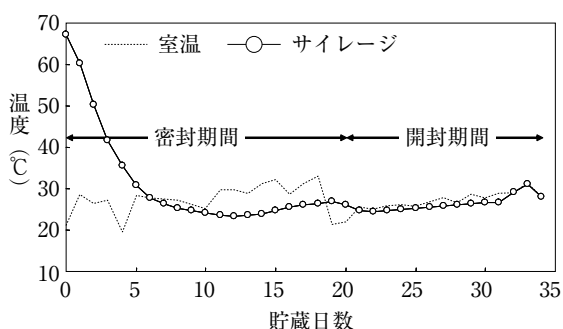


図3 実規模コンテナサイロで貯蔵した地ビール粕サイレージの温度変化

注. サイレージ温度はサイレージA区の表面から10cmの深さのものを表示。

間もないビール粕を用いたため、サイロに詰め込んだ直後は70℃近くあり、室温と同程度まで低下するのに6日間要した。開封してからの明らかな温度上昇は認められず、好気的変敗は起こりにくいと判断された。

以上の結果、試作した実規模コンテナサイロにより、発酵品質の良好な地ビール粕サイレージが調製でき、開封後の好気的変敗も起こりにくいことが明らかになった。

V 実規模コンテナサイロによる地ビール粕サイレージ調製・貯蔵の現地試験

1. 材料と方法

1) 現地試験

現地試験は、GおよびL事業所、ならびに各事業所近在の畜産農家で行った。

各事業所において、排出直後のビール粕をコンテナ本体（容量500l）の上部に空間がやや残る程度に詰め込み、軽く抑えて表面を平らにして蓋を被せ、ゴムベルトで締めて密封した。このサイロをフォークリフトで運搬車両に載せ、畜産農家に搬入した。畜産農家に搬入後、フォークリフトでサイロを降ろし、農家内の適当な場所に数日間（G事業所では6日間、L事業所では4日間）貯蔵した。サイロを開封後、発酵品質を調べるためにサイレージ試料を採取した。

2) 発酵品質の分析

前述の方法に従い、水分および有機酸について分析した。

2. 結果と考察

G事業所では、1回の仕込みで800~900lのビール粕が排出された。そこで、この事業所では容量500lのコンテナサイロ2台を用いることとした。作業に要した時間は、コンテナサイロ2台分のビール粕の詰め込みに20分弱、蓋を被せてゴムベルトで密封するのに0.5分、定置場所への移動に2分、フォークリフトで運搬車両へ積載するのに2分であった。L事業所では、1回の仕込みで排出されるビール粕をコンテナサイロ1台に詰め込むことができたため、作業時間はG事業所の半分以下であった。

どちらの事業所についても、開封した地ビール粕サイレージにカビの発生は認められなかった。発酵品質をみると（表5）、pHが3.7、3.8と低く、乳酸含量が0.7、0.9%と高かった。従って、4~6日間

表5 実規模コンテナサイロを用いた地ビール粕サイレージの現地調製試験

地ビール製造事業所	貯蔵期間	乾物率 (%)	pH	有機酸含量(新鮮物中%)		
				乳酸	酢酸	n-酪酸
G事業所	6日間	23.7	3.7	0.87	0.17	0.01
L事業所	4日間	18.8	3.8	0.69	0.01	0.00

表6 地ビール粕サイレージを混合した自家配合飼料の飼料成分

水分	TDN	粗蛋白質	粗脂肪	デンプン	総繊維	低消化性繊維	粗灰分
38.4	87.1	17.6	5.5	34.6	13.9	7.5	5.4

注. TDNは飼料成分組成からの推定値。

程度の密封期間で発酵品質の良いサイレージが調製できると考えられる。

G事業所からの地ビール粕サイレージについては、畜産農家で食パン残さ、豆腐粕、市販フスマなどと混合して自家配合飼料を調製して、肥育牛に給与することも行った。その結果、ほぼ1週間でコンテナサイロ2台分の地ビール粕サイレージが採食された。自家配合飼料の飼料成分は、表6に示すようであった。

これらの現地試験結果から、実規模コンテナサイロによる地ビール粕サイレージ調製・貯蔵の作業性ならびにサイレージの発酵品質に特に問題はないと判断された。

VI 地ビール粕の飼料利用システム

以上の諸結果に基づくと、実規模コンテナサイロを用いた地ビール粕の貯蔵・利用について、次のような作業システムが提案できる(図4)。

- ①地ビール醸造事業所で、排出されたビール粕を直ちにコンテナ本体に詰めて(写真参照)、上面を平にならしてから蓋を被せ、ゴムベルトで締めて密封し、事業所内の適当な場所に置く。
- ②コンテナサイロをフォークリフトで運搬車両に積み込み、搬送中サイロが動かないように荷締めベルトなどを使って運搬車両に固定し、畜産農家まで搬送する。
- ③畜産農家では、コンテナサイロをフォークリフトで運搬車両から降ろし、給与するまで適当な場所に置いておく。

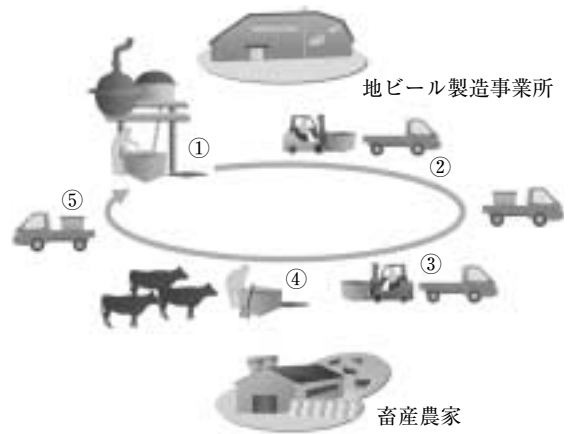


図4 コンテナサイロによる地ビール粕の飼料利用システムのイメージ

注. 図中の①～⑤は、本文の①～⑤に対応。



写真 コンテナサイロへの地ビール粕の詰め込み作業

- ④蓋を取り、ビール粕サイレージを取り出し、家畜に給与する。
- ⑤空になったコンテナサイロを再び地ビール製造事業所に搬送して戻す。

この作業システムについての補足事項および留意点を以下に列記する。

- (1) ビール粕をコンテナサイロに詰める際、量が多すぎて蓋が持ち上がることがないよ

うに注意する。ビール粕の量がサイロ容量の8割程度以上であれば、上部に空間があってもかまわない。

- (2) ゴムベルトや密着資材は劣化したら取り替える。なお、ゴムベルトの代わりに、多少手間はかかるが荷締めベルトを用いてもよい。
- (3) きちんと密封されていれば4～6日でサイレージになり、密封してから少なくとも20日間は良好な状態で貯蔵できる。
- (4) 開封後は1週間以内に使い切ることが望ましい。

聞き取り調査によれば、ビール粕の廃棄処理費は、運搬費も含めて仕込み1回あたり3万円内外であった。G事業所では年間40回以上仕込むので、ビール粕を廃棄すると1年間の処理費は120万円を越えることになる。しかし、ビール粕をサイレージ化して利用すれば、廃棄に要する経費が不要になるばかりでなく、飼料としての価値が生まれる。流通ビール粕サイレージの価格は概ね16円/現物kg程度であり、水分60%とすれば乾物1kgあたり40円の計算になる。従って、この事業所から1年間に排出されるビール粕（乾物で約4トン）はおよそ16万円に相当すると見積られる。サイレージ化に必要なコンテナサイロの資材費は400l容で約11万円、500l容で約13万円であったので、コンテナサイロ2台分の資材費は年間廃棄処理費の1/5程度で済むと試算される。

引用文献

- 1) 阿部 亮. 2001a. 一般成分（6成分）.（石橋晃監修）新編動物栄養試験法. 東京, 養賢堂. p.455-466.
- 2) 阿部 亮. 2001b. 炭水化物.（石橋晃監修）新編動物栄養試験法. 東京, 養賢堂. p.484-496.
- 3) 今井明夫. 2000. 乳酸発酵技術.（阿部, 吉田, 今井, 山本編）未利用有機物資源の飼料利用ハンドブック. サイエンスフォーラム. p.171-175.
- 4) 河本英憲, 近藤恒夫, 出口 新, 村元隆行, 東山雅一. 2004. 小規模地ビール事業所から排出されるビール粕の簡易保存技術. 日草誌 50(別): 220-221.
- 5) 河本英憲, 近藤恒夫, 村元隆行, 東山雅一. 2005. コンテナを利用した地ビール粕の簡易保存技術. 日草誌 51(別): 428-429.
- 6) 近藤恒夫, 河本英憲, 村元隆行, 東山雅一. 2005. 地ビール粕の飼料利用システム. 東北農業研究 58: 95-96.
- 7) 柁木茂彦. 2001. サイレージ発酵産物.（石橋晃監修）新編動物栄養試験法. 東京, 養賢堂. p.496-501.
- 8) 森本 宏. 1985. ビール粕.（森本宏編）改著飼料学. 東京, 養賢堂. p.180-183.
- 9) 大桃定洋, 田中 治, 北本宏子. 1993. 高速液体クロマトグラフィーによるサイレージ中の有機酸の定量. 草地試研報 48: 51-56.