

飼料イネ専用収穫機の機種の違い及び尿素液添加の有無が イネホールクロップサイレージの発酵品質に及ぼす影響

斉藤健一 米本貞夫

Influence of Harvest machine for Forage rice use and Urea Treatment to
Fermentation Quality of Whole Crop Rice Silage.

Ken-ichi SAITOH and Sadao YONEMOTO

要 約

飼料イネ専用収穫機として国内で販売されている、フレールモア式（以下フレール型）A社製およびディスクカッタ式（以下コンバイン型）B社製、C社製の3機種について、機種の違いがイネホールクロップサイレージの発酵品質と飼料成分値に及ぼす影響を明らかにするため、飼料用に栽培された糊熟期の食用品種「フサオトメ」を収穫調製し検討した。また、カビの発生防止を目的に尿素液の添加試験も併せておこなった。その結果は以下のとおりであった。

1. コンバイン型B社製およびC社製の2機種間については、イネホールクロップサイレージの発酵品質および飼料成分値に及ぼす影響は認められなかった。
2. フレール型はコンバイン型に比べ発酵品質が低下したが、カビによる廃棄割合は0%で、コンバイン型の4.9%および12.9%に対して、防カビ性では逆に優れていた。
3. ロール全体の飼料成分値はフレール型およびコンバイン型とも差はなかった。ただしロール内部別ではフレール型が、上部、中部、下部ともほぼ同一であったのに対し、コンバイン型では、モミの偏りが大きく、部位ごとで飼料成分値が大きく異なっていた。
4. サイレージへの尿素液添加（2リットル/ロール）では、カビの発生を完全に抑えることはできなかった。

結 言

千葉県内の水田は湿田が多く、地下水位が80cm以内の湿田あるいは半湿田が全体の83%を占め、さらにこの内の64%については、地下水位が30cm以内の強湿田であるとされている。¹⁾

一方、用排水路の整備による乾田化も進んでいるが、大型機械の繰り返し走行による、すき床層・作土下層の密化による透水性の悪化や、稲わらなど未熟有機物の連用による土壌還元化の進行等による湿田化も進んでいる。

このような千葉県の水田土壌の実態からイネホールクロップサイレージ（以下イネWCS）の収穫体系を検討する場合、非常に天候に左右されやすい条件となっている。特に9月以降になると秋雨前線や台風の影響により降水量が多くなり、土壌条件と相まって、トラクタけん

引式のロールベアラ等によるいわゆる予乾体系での調製が組み難く、飼料イネの栽培拡大が進行し難い1要因となっている。

このような状況に対応するため、湿田条件でも収穫可能な、クローラ装着で刈り取りと梱包を同時に行える専用収穫機（ダイレクトカット体系）が開発^{2,3)}され、県内でも導入が検討されはじめてきた。

このクローラタイプの専用収穫機には大きく分けて2つに大別できる。1つがフレールモア式（以下フレール型）で、もう1つがディスクカッタ式（以下コンバイン型）である。現在までにフレール型がA社から、またコンバイン型がB社およびC社から販売されているが、これら3機種については、まだ販売されたばかりであり、機種間におけるサイレージ発酵の品質や作業性等についての検討⁴⁾は、あまり行われていない。そのため、専用収穫機の導入を検討している農家にとっては、機種選定の判断が難しいものと考えられる。

このような状況下、昨年県内において、千葉県農業機械導入推進研修会が開催され、飼料イネの専用収穫機である、この3機種を一ヶ所に集めたデモンストレーション

平成15年8月29日受付

ン大会が行われ、これらにより調製されたイネWCSのサンプルを得ることができた。そこで今回、これら3機種による収穫調製が、イネWCSの発酵品質や飼料成分にどのような影響を及ぼすのか調査を行った。また品質保持、特にカビの発生低減化を目的に尿素液の添加効果の検討も併せて行ったので報告する。

材料および方法

1. 材料草

収穫に用いたイネは、千葉県I村内の隣接する計4haの水田において、平成14年4月20日に移植され同一条件で栽培されたフサオトメ（千葉県奨励品種）を用い、同年8月8日に、専用収穫機でイネWCSとして収穫調製した。なお、材料草の収穫時の熟期および飼料成分値は表1のとおりである。

2. サイレージ調製と試験区分

イネWCSは現地圃場で3機種によりそれぞれ収穫を行い、調製されたイネロールペールは全てタカキタ社製自走ラップマシンSW1000を用いて6層巻きのロールペールラップサイレージとした後、当畜産総合研究センター（輸送距離約26km）まで、トラックで輸送し、野外の水はけの良い場所に縦置き1段で、207日から242日間貯蔵した。

試験区分および収穫調製に用いた3機種は表2のとおりで、フレール型の専用収穫機はA社製、コンバイン型がそれぞれB社製およびC社製とした。また添加剤として約34%尿素液を1ロール当たり約2リットル添加した試験区をそれぞれ別に設け、各区分とも2反復とした。サイレージの開封にあたっては、各区分ともほぼ同一貯蔵期間になるように順次開封を行った。

3. 試料採取と分析方法

イネWCSは開封後、カビ発生部分を取り除き、分析用のサンプルとして、各ロールとも縦置き垂直方向に3等分しフレール型は、上から上部・中部・下部とし、コンバイン型は穂の多い部分を穂部、茎葉が多い部分を中央部、そして株元が多い部分を株元部とし、それぞれのロール各部位について4ヶ所ずつからサンプルを採取し、混合したものを分析に用いた。また、各部位以外にロール全体として上、中、下部もしくは穂部、中央部、株元部の3部位から採取したものをさらに混合縮分し、ロール全体とした。

サイレージの発酵品質は、品質評価ガイドブック⁹⁾に基づき、新鮮物抽出液を用いて、pH値は、ガラス電極pHメーター（東亜電波工業社製IF-20E）により測定した。有機酸含量については渡辺⁹⁾の方法に準じて、高速液体クロマトグラフ法（カラムSCRI02-H）による、VFAと乳酸の同時定量法で行った。エタノール含量はFキット（ベリンガー・マンハイム社製）、揮発性塩基態窒素（VBN）は水蒸気蒸留法、全窒素量（TN）はケルダール法でそれぞれ分析し、発酵品質については、これらの分析値から有機酸組成を用いたフリーク評点と、VBN/TNと有機酸組成の含有量から求めるVスコアにより算出した。

イネ材料草とサイレージの一般成分（粗蛋白質、粗脂肪、粗繊維、粗灰分、可溶無窒素物）および、デタージェント繊維（ADF、NDF）については、公定法にのっとり、70℃72hrの熱風乾燥法により水分含量測定後のサンプルを粉砕し分析に用いた。TDN含量については一般成分値に日本標準飼料成分表⁷⁾のイネサイレージの消化率を乗じて推定した。

その他、ロール重量を大貫計（大原機械製作所）により、ロール作成日とロール開封日の2回、重量を測

表1 イネ材料草の飼料成分値

品 種	熟 期	水分含量 (%)	乾 物 中 (%)							
			C P	粗灰分	粗脂肪	粗繊維	N F E	NDF	ADF	TDN
フサオトメ	糊熟期	66.6	7.1	15.0	2.3	24.1	51.5	43.6	28.1	51.1

※イネは地際より採取し分析した。またTDN値は計算値。

表2 試験区分およびロールの概要

区 分	刈取り方法	刈取り高さ	供試イネ品 種	尿素液添加量	供試ロール数	平均貯蔵日数	貯 蔵 方 向	平均ロール重量 (kg)	
								梱包時	開封時
A社製	尿素添加区	フレールモア式	概ね地上10cm	フサオトメ	2L/ロール	2	-	204	197
								尿素無添加区 (フレール型)	189
B社製	尿素添加区	ディスクカッタ式	概ね地上10cm	フサオトメ	2L/ロール	2	穂部上×1、穂部下×1	286	282
								尿素無添加区 (コンバイン型)	277
C社製	尿素添加区	ディスクカッタ式	概ね地上10cm	フサオトメ	2L/ロール	2	穂部下×2	303	296
								尿素無添加区 (コンバイン型)	298

※B社製尿素添加無しのロール重量は、1個のみ重量（ロールラッピング時にトワインの切断で、ロールの一部が崩れ重量減少のため）。

※尿素液は約34%尿素液を用いた。

※ロール貯蔵方向は、ロールを縦置き貯蔵時に、穂の多い部分を上向きで貯蔵した場合を穂部上で、下向きに貯蔵した場合を穂部下とした。

斉藤ら：飼料イネ専用収穫機の機種の違いおよび尿素液添加の有無がイネホールクロブサイレージの発酵品質に及ぼす影響

定した。さらにカビ廃棄重量として、ロール開封直後のカビ発生部位で、飼料として給与しかねるカビ付着部分をカビ廃棄重量として採取し、熱風乾燥法により乾物重量を測定し、廃棄割合を算出した。また、モミ重量として各部位ごとに採取したサイレージ中のモミのみを拾いあげ、熱風乾燥後モミ重量を測定した。

統計処理は二元配置または一元配置の分散分析により行った。

結 果

1. 機種および尿素液添加の違いによるイネWCSの発酵品質と飼料成分値

機種の違いおよび尿素液添加の有無がイネWCSの発酵品質と飼料成分値におよぼす影響を、表3および4に示した。

フレール型で調製したイネWCSはコンバイン型に比べ、発酵が進む傾向にあり、総酸含量ではフレール型がコンバイン型のB社製およびC社製に比べ有意 (P<0.05)に高くなり、乳酸、酢酸および酪酸含量では有意差 (P<0.05)が認められた。また、pHについても、総酸含量の増加に伴ない有意 (P<0.05)に低下した。また、エタノール含量はフレール型に比べコンバイン型の方が有意 (P<0.05)に高くなった。

Vスコアは、コンバイン型B社製で調製を行ったイネWCSで65点であったのに対し、フレール型では、

表3 機種の違い及び尿素液添加の有無がイネWCSの発酵品質におよぼす影響

機 種	尿素液	pH	水分	乳 酸	酢 酸	アロピオン酸			酪 酸	総 酸	エタノール	VBN	VBN/TN (%)	Vスコア (点)	フィーク評点 (点)	乾物カビ廃棄割合 (%)
						プロピオン酸	酪 酸	酪 酸								
(新鮮物中%)																
A社製	添加	4.47 a	68.7	0.68 a	0.78 a	0.06	0.51 a	2.04 a	0.65 b	0.12	22.8	14	11 a	0.0 a		
	無添加	4.33 a	67.4	0.69 a	0.59 ab	0.04	0.43 a	1.75 a	0.75 b	0.05	12.2	43	15 a	0.0 a		
B社製	添加	5.12 b	70.8	0.18 b	0.45 ab	0.04	0.15 b	0.82 b	1.06 ac	0.08	17.9	51	4 b	3.4 a		
	無添加	4.87 b	68.0	0.17 b	0.31 b	0.02	0.15 b	0.66 b	1.29 a	0.04	8.8	79	4 b	22.3 b		
C社製	添加	4.98 b	69.8	0.12 b	0.52 ab	0.06	0.22 b	0.92 b	0.87 bc	0.07	16.1	45	3 b	3.5 a		
	無添加	5.06 b	69.4	0.14 b	0.39 b	0.04	0.18 b	0.75 b	1.16 a	0.06	13.5	59	1 b	6.3 a		
標準誤差		0.10	0.56	0.08	0.06	0.01	0.04	0.16	0.07	0.01	1.70	6.8	2.0	2.6		
機種要因																
A社製		4.40 b	68.0	0.69 a	0.68 a	0.05	0.47 b	1.89 a	0.70 b	0.09	17.5	28 b	13	0.0 b		
B社製		4.99 a	69.4	0.17 b	0.38 b	0.03	0.15 a	0.74 b	1.17 a	0.06	13.3	65 a	4	12.9 a		
C社製		5.02 a	69.6	0.13 b	0.45 b	0.05	0.20 a	0.83 b	1.02 a	0.07	14.8	52 ab	2	4.9 ab		
尿素液要因																
添 加		4.85	69.8	0.33	0.58	0.05	0.29	1.26	0.86 b	0.09 a	18.9 a	36 a	6	2.3		
無添加		4.75	68.3	0.33	0.43	0.04	0.25	1.05	1.07 a	0.05 b	11.5 b	60 b	7	9.5		
交互作用																
機種		0.013	NS	0.001	0.023	NS	0.001	0.0001	0.003	NS	NS	0.046	NS	0.050		
尿素液		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.016	0.038	0.047	0.041	NS	NS		
機種×尿素液		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		

縦列異符号間に5%水準で有意差あり
NS=有意差無

表4 機種の違い及び尿素液添加の有無がイネWCSの飼料成分値におよぼす影響

機 種	尿素液	水分 (%)	乾 物 中 (%)							
			CP	粗灰分	粗脂肪	粗繊維	NFE	NDF	ADF	TDN
A社製	添加	68.7	8.3	20.0	3.5	28.7	39.5	51.3	31.6	47.1
	無添加	67.4	7.9	20.1	3.4	28.1	40.6	49.8	31.8	47.2
B社製	添加	70.8	8.1	19.5	3.4	29.5	39.5	54.1	33.4	47.8
	無添加	68.0	8.1	18.5	2.4	27.3	43.7	50.6	31.6	47.8
C社製	添加	69.8	8.8	19.3	3.4	28.5	40.6	51.9	32.7	47.6
	無添加	69.4	8.2	18.9	3.6	28.3	41.1	51.6	33.1	47.9
標準誤差		0.56	0.15	0.28	0.18	0.32	0.60	0.68	0.32	0.21
機種要因										
A社製		68.0	8.1	20.0	3.4	28.4	40.0	50.6	31.7	47.1
B社製		69.4	8.1	19.0	2.9	28.4	41.6	52.3	32.5	47.8
C社製		69.6	8.5	19.1	3.5	28.4	40.9	51.7	32.9	47.7
尿素液要因										
添 加		69.8	8.4	19.6	3.4	28.9	39.9	52.4	32.6	47.5
無添加		68.3	8.0	19.1	3.1	27.9	41.8	50.7	32.2	47.6
分散分析										
機種		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
尿素液		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
機種×尿素液		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS=有意差無

酪酸含量が多かったことにより、28点と有意 (P<0.05) に低くなった。一方、カビ廃棄割合はフレール型が0%とほとんど廃棄部分がなかったのに対し、コンバイン型B社製で調製したイネWCSが12.9%、C社製で4.9%の廃棄部分がそれぞれ見られ、フレール型A社製に比べコンバイン型B社製で有意差 (P<0.05)が認められた。

その他発酵品質について、コンバイン型のB社製およびC社製による差は認められなかった。

尿素液の添加効果については尿素液を添加した場合、無添加区に比べ有意 (P<0.05)にエタノール含量

が低下した。それに対してVBN、VBN/TNおよびVスコア値については、添加区に比べ無添加区が有意 (P<0.05)に高くなっていた。

飼料成分については機種の違いおよび尿素液添加有無の違いによる特定の傾向は見られず、各区間に差は全く見られなかった。

2. フレール型専用収穫機によるイネWCSの発酵品質と飼料成分について

フレール型 (A社製) で収穫したイネWCSのロール部位の違いと、尿素液添加の有無が発酵品質と飼料成分値に及ぼす影響を表5および表6に示した。

表5 フレール型専用収穫機で調製したイネWCSのロール部位の違いと尿素液添加の有無が発酵品質におよぼす影響

部位	尿素液	pH	水分	新鮮物中 (%)						エタノール	VBN	VBN/N (%)	Vスコア (点)	ブーク評点 (点)
				乳酸	酢酸	プロピオン酸	酪酸	総酸						
上部	添加	4.35	65.1	0.84	0.56	0.06	0.32 d	1.78 bc	0.68 bc	0.10	19	31	24	
	無添加	4.28	67.2	0.62	0.51	0.04	0.28 d	1.44 c	0.87 a	0.05	11	60	17	
中央部	添加	4.52	67.5	0.54	0.76	0.06	0.49 bc	1.86 b	0.58 c	0.11	22	16	6	
	無添加	4.30	67.1	0.76	0.56	0.04	0.34 cd	1.70 bc	0.72 bc	0.05	11	54	19	
下部	添加	4.53	70.6	0.58	0.91	0.07	0.68 a	2.25 a	0.62 bc	0.13	26	4	4	
	無添加	4.32	68.1	0.70	0.54	0.04	0.55 bc	1.84 b	0.73 ab	0.06	13	36	16	
標準誤差		0.04	0.60	0.05	0.06	0.01	0.05	0.08	0.03	0.01	2.1	6.7	3.3	
部位要因														
上部		4.31	66.1	0.73	0.53	0.05	0.30 c	1.61 b	0.77 a	0.07	15	45	20	
中央部		4.41	67.3	0.65	0.66	0.05	0.42 b	1.78 b	0.65 b	0.08	17	35	12	
下部		4.43	69.3	0.64	0.73	0.06	0.62 a	2.04 a	0.68 b	0.09	19	20	10	
尿素液要因														
添加		4.47 a	67.7	0.65	0.74	0.06	0.50 a	1.96 a	0.63 b	0.11 b	22 a	17 b	11	
なし		4.30 b	67.5	0.69	0.54	0.04	0.39 b	1.66 b	0.77 a	0.05 a	12 b	50 a	17	
分散分析														
部位		NS	NS	NS	NS	NS	0.002	0.018	0.048	NS	NS	NS	NS	
尿素液		0.028	NS	NS	NS	NS	0.042	0.014	0.005	0.031	0.018	0.008	NS	
部位×尿素液		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

縦列異符号間に5%水準で有意差あり
NS=有意差無

表6 フレール型専用収穫機で調製したイネWCSのロール部位の違いと尿素液添加の有無が飼料成分値におよぼす影響

部位	尿素液	水分 (%)	乾物中 (%)								粗割合
			CP	粗灰分	粗脂肪	粗繊維	NFE	NDF	ADF	TDN	
上部	添加	65.1	7.8	19.0	3.8	28.3	41.1	50.3	31.2	47.9	26.2
	無添加	67.2	7.6	19.6	3.4	28.7	40.7	51.4	32.6	47.4	27.4
中央部	添加	67.5	7.9	19.8	3.4	28.6	40.2	51.3	31.9	47.2	37.2
	無添加	67.1	7.6	19.3	3.3	28.5	41.3	49.7	32.1	47.7	31.0
下部	添加	70.6	8.7	20.7	3.6	27.0	40.1	49.1	30.6	46.9	25.4
	無添加	68.1	8.3	21.7	3.4	26.4	40.2	48.9	30.3	46.3	31.9
標準誤差		0.60	0.16	0.36	0.15	0.45	0.36	0.47	0.37	0.19	1.84
部位要因											
上部		66.1	7.7	19.3	3.6	28.5	40.9	50.9	31.9	47.6	26.8
中央部		67.3	7.7	19.6	3.4	28.6	40.8	50.5	32.0	47.5	34.1
下部		69.3	8.5	21.2	3.5	26.7	40.2	49.0	30.5	46.6	28.7
尿素液要因											
添加		67.7	8.1	19.8	3.6	28.0	40.5	50.3	31.2	47.3	29.6
なし		67.5	7.8	20.2	3.4	27.9	40.7	50.0	31.7	47.1	30.1
分散分析											
部位		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
尿素液		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
部位×尿素液		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

縦列異符号間に5%水準で有意差あり
NS=有意差無

斉藤ら：飼料イネ専用収穫機の機種の違いおよび尿素液添加の有無がイネホールクロブサイレーズの発酵品質に及ぼす影響

ロール部位では、上部に比べ下部になるに従い水分含量、pH、酢酸および酪酸含量が高くなる傾向にあり、特に酪酸含量は各部位間で有意差 (P<0.05)が見られた。逆に乳酸、エタノール含量およびVスコアはロール部位が、下部より上部に向かうほど高くなる傾向にあり、エタノール含量で、上部が中部および下部と比べ有意 (P<0.05)に高かった。

尿素液添加の有無では、pH、酪酸、VBNおよびVBN/TNが無添加に比べ有意 (P<0.05)に高くなった。またエタノール含量およびVスコアは無添加区が添加区に比べ有意 (P<0.05)に高い結果となった。

栄養成分値およびモミ割合は、ロール部位および尿

素液添加有無に関係なくほぼ同一で、各部位間に差は見られず、TDNについては約47%であった。

3. コンバイン型専用収穫機によるイネWCSの発酵品質と飼料成分について

コンバイン型 (B社製、C社製) で収穫したイネWCSの、ロール部位の違いと尿素液添加の有無が発酵品質と飼料成分値に及ぼす影響を表7および表8に示した。

部位別の水分含量は各区間で有意差 (P<0.05)が見られ、穂部が最も低く、逆に株元部が最も高かった。乳酸含量は穂部が0.4%で他の部位に比べ有意 (P<0.05)に高かったが、酢酸およびプロピオン酸については株

表7 コンバイン型専用収穫機で調製したイネWCSのロール部位の違いと尿素液添加の有無が発酵品質におよぼす影響

部位	尿素液	pH	水分	乳酸	酢酸	プロピオン酸				エタノール含量	VBN	VBN/TN (%)	Vスコア (点)	7-ク評価 (点)
						(新鮮物中%)								
穂部	添加	4.94	59.0 c	0.38 a	0.34 cb	0.03 cd	0.22	0.97 ab	0.87	0.09 a	13 ab	56 bc	19 ab	
	無添加	4.68	52.9 d	0.42 a	0.23 c	0.02 d	0.16	0.83 ab	1.13	0.04 bc	6 b	83 ad	28 a	
中央部	添加	5.16	70.8 b	0.07 b	0.42 cb	0.05 bc	0.17	0.71 b	0.99	0.07 ac	15 ab	56 bc	2 c	
	無添加	5.07	69.7 b	0.13 b	0.28 cb	0.03 cd	0.16	0.60 c	1.23	0.04 bc	9 ab	76 bd	5 b	
株元部	添加	5.05	77.1 a	0.01 b	0.73 a	0.07 a	0.19	1.00 a	1.08	0.10 a	33 c	29 e	3 b	
	無添加	4.91	77.5 a	0.06 b	0.47 b	0.04 bcd	0.17	0.74 ab	1.35	0.04 bc	17 ab	50 c	2 b	
標準誤差		0.05	1.95	0.04	0.04	0.00	0.01	0.04	0.05	0.01	2.2	4.5	3.0	
部位要因														
穂部		4.81	56.0 c	0.40 a	0.28 b	0.03 b	0.19	0.90 a	1.00	0.06	10 b	70 a	24 a	
中央部		5.11	70.2 b	0.10 b	0.35 b	0.04 ab	0.16	0.66 b	1.11	0.05	12 b	66 a	3 b	
株元部		4.98	77.3 a	0.03 b	0.60 a	0.05 a	0.18	0.87 a	1.22	0.07	25 a	40 b	2 b	
尿素液要因														
添加		5.05	69.0	0.15	0.50 a	0.05 a	0.19	0.89 a	0.98 b	0.08 a	21 a	47 b	8	
無添加		4.88	66.7	0.20	0.33 b	0.03 b	0.16	0.72 b	1.24 a	0.04 b	11 b	70 a	12	
分散分析														
部位		NS	<0.0001	0.0001	0.002	0.038	NS	0.032	NS	NS	0.0003	0.001	0.003	
尿素液		NS	NS	NS	0.016	0.026	NS	0.037	0.013	0.002	0.002	0.001	NS	
部位×尿素液		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

縦列異符号間に5%水準で有意差あり
NS=有意差無

表8 コンバイン型専用収穫機で調製したイネWCSのロール部位の違いと尿素液添加の有無が飼料成分値におよぼす影響

部位	尿素液	水分 (%)	乾物中 (%)							TDN	モミ割合
			CP	粗灰分	粗脂肪	粗繊維	NFE	NDF	ADF		
穂部	添加	59.0 e	9.6 a	13.4 c	3.8	23.6 c	49.7 b	42.2 c	26.3 c	52.1 a	62.6 a
	無添加	52.9 d	8.9 ab	12.3 c	3.3	20.8 d	54.7 a	37.8 c	24.3 c	53.4 a	68.1 a
中央部	添加	70.8 bc	8.4 bc	19.4 b	3.5	29.5 b	39.2 c	53.9 b	33.4 b	47.3 b	22.6 b
	無添加	69.7 c	8.8 ac	20.1 b	3.1	29.6 b	38.5 ce	55.5 b	33.1 b	46.8 b	23.2 b
株元部	添加	77.1 a	5.4 d	24.5 a	2.8	34.6 a	32.6 d	61.5 a	38.9 a	43.5 c	1.1 c
	無添加	75.4 ab	6.1 d	23.9 a	2.4	33.3 a	34.2 de	60.6 a	37.8 a	44.0 c	1.3 c
標準誤差		1.91	0.34	1.01	0.16	1.07	1.76	1.95	1.19	0.8	5.65
部位要因											
穂部		56.0 c	9.3 a	12.8 a	3.5 a	22.2 a	52.2 a	40.0 a	25.3 a	52.7 a	65.3 a
中央部		70.2 b	8.6 b	19.8 b	3.3 ab	29.5 b	38.8 b	54.7 b	33.2 b	47.1 b	22.9 b
株元部		76.3 a	5.8 b	24.2 c	2.6 b	34.0 c	33.4 c	61.0 c	38.3 c	43.8 c	1.2 c
尿素液要因											
添加		69.0 a	7.8	19.1	3.4	29.2	40.5	52.5	32.9	47.6	28.8
無添加		66.0 b	8.0	18.8	2.9	27.9	42.5	51.3	31.7	48.1	30.9
分散分析											
部位		<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.039	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
尿素液		0.042	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
部位×尿素液		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

縦列異符号間に5%水準で有意差あり
NS=有意差無

表9 コンバイン型専用収穫機で調製したイネWCSの貯蔵方法が発酵品質に及ぼす影響

部 位	貯蔵 方向	pH	水 分	乳 酸 酢 酸 ア ピ ン 酸 酪 酸 VBN						エタノール	VBN/TN	Vスコア	ブリーク 評点
				(新 鮮 物 中 %)									
穂 部	穂部下	4.80 ±0.09	55.0 ±0.62 a	0.38 ±0.02	0.24 ±0.04	0.02 ±0.01	0.18 ±0.14	0.05 ±0.01	0.92 ±0.00 b	7.7 ±2.4	80 ±9.6	24 ±4.5	
	穂部上	4.60 ±0.27	50.8 ±0.08 b	0.46 ±0.02	0.22 ±0.05	0.02 ±0.01	0.05 ±0.02	0.03 ±0.01	1.33 ±0.00 a	5.0 ±1.2	87 ±3.0	33 ±7.5	
中央部	穂部下	5.03 ±0.02	70.3 ±0.10	0.13 ±0.04	0.30 ±0.00	0.04 ±0.01	0.16 ±0.00	0.04 ±0.00	1.34 ±0.04	8.7 ±0.9	78 ±2.4	2 ±0.5	
	穂部上	5.11 ±0.27	69.1 ±1.27	0.12 ±0.11	0.27 ±0.06	0.03 ±0.01	0.15 ±0.00	0.04 ±0.01	1.11 ±0.21	10.1 ±3.1	73 ±10.3	8 ±6.5	
株元部	穂部下	4.88 ±0.10	77.4 ±0.82	0.05 ±0.01	0.48 ±0.05	0.05 ±0.02	0.16 ±0.05	0.04 ±0.01	1.59 ±0.28	13.1 ±2.8	61 ±15.0	3 ±2.0	
	穂部上	4.94 ±0.25	77.6 ±0.70	0.08 ±0.08	0.47 ±0.15	0.03 ±0.00	0.17 ±0.01	0.05 ±0.01	1.11 ±0.19	21.8 ±4.8	39 ±6.8	1 ±0.0	
全 体	穂部下	4.95 ±0.12	69.7 ±0.99	0.15 ±0.01	0.36 ±0.01	0.04 ±0.01	0.16 ±0.04	0.05 ±0.01	1.32 ±0.00	10.5 ±1.6	72 ±9.3	2 ±1.0	
	穂部上	4.97 ±0.31	67.7 ±2.40	0.16 ±0.04	0.35 ±0.06	0.03 ±0.00	0.18 ±0.02	0.04 ±0.01	1.13 ±0.13	11.8 ±3.2	66 ±10.8	3 ±2.0	

※貯蔵方向は、ロールを縦置き貯蔵時に、穂の多い部分を上向で貯蔵し場合を穂部上で、下向きに貯蔵した場合を穂部下とした。

※縦列異符号間に5%水準で有意差あり

※平均値±標準偏差

元部に比べ有意 (P<0.05)に低くなった。VBN/TNは株元部が他の部位に比べ有意 (P<0.05)に高くなり、その結果、Vスコアでは、40点と低く、他の部位に比べ有意 (P<0.05)に発酵品質が低下していた。

尿素液の添加効果は、酢酸およびプロピオン酸が、無添加に比べ添加区で有意 (P<0.05)に高くなったものの、乳酸および酪酸含量には差は見られなかった。また、尿素液添加区のVBNおよびVBN/TNは無添加区に比べ有意 (P<0.05)に高くなり、Vスコアは逆に有意 (P<0.05)に低下した。エタノール含量は無添加区が添加区に比べ有意 (P<0.05) に高かった。

部位別のモミ割合は、明らかに穂部が高く、続いて中央部、株元部の順で各区間に有意差 (P<0.05) が見られた。またモミ割合が高くなるに従い、CP、NFEおよびTDN含量が高くなる傾向にあり、CPでは穂部が中央部と株元部に比べ有意 (P<0.05) に高くなり、NFEおよびTDNでも各区間で差 (P<0.05) が認められた。

一方、モミ割合の低い株元部では繊維質の割合が高くなる傾向にあり、粗繊維、NDFおよびADFにおいて各区間で有意差 (P<0.05) が見られた。

尿素液添加による、飼料成分値への影響は見られず、各項目ともほぼ同一で、TDNについては約48%であった。

またコンバイン型専用収穫機で調製し、尿素液を添加していない4個のイネWCSについて、穂部を上側で貯蔵した場合と、穂部を下側にして貯蔵した場合の、ロールの置き方の違いが発酵品質にどのような影響を及ぼすか検討した (表9)。

その結果、穂部を下側で保存した場合、穂部の水分含量が穂部を上側にして保存した場合に比べ有意 (P<0.05)に高くなり、エタノール含量は逆に、有意 (P<0.05)に低くなった。しかし、その他の項目について、ロールの置き方による発酵品質への影響は見られなかった。

考 察

イネWCS調製では、イネを刈取り後予乾を行い、水

分含量を低下させてから梱包する予乾体系での調製で比較的良質のサイレージに調製が可能^{3,9)}であるが、専用収穫機のダイレクトカット体系の場合でも、イネ水分含量を65%以下にする必要がある¹⁰⁾とされている。しかし、飼料イネの栽培面積が拡大する状況下では、収穫時期が集中するため、作業の都合上、不良天候時や雨上がり直後に作業を行わざるを得ない状況が出てくる。特に湿田の多い千葉県ではクローラー型の専用収穫機による収穫場面が多くなっていくものと考えられる。その場合サイレージ材料草の水分含量を低下させることが難しく、また、イネ自体に含まれる糖含量はトウモロコシなどの飼料作物に比べて低い¹¹⁾ため、乳酸発酵主体による良質なサイレージ化が難しい材料草である。

これまで国内の農業機械メーカー3社から、ダイレクトカット方式の専用収穫機が販売されている。そのうち、コンバイン型の専用収穫機が2社から販売されているが、今回の調査結果から、このコンバイン型の2種間には発酵品質や飼料成分値について、全く差は見られず、機種を選定についてはフレール型とコンバイン型の刈取り方法の違いによる特徴を考慮して検討を進める必要があると考えられた。

今回収穫に用いたイネの水分含量は66.6%で適正刈取り水分の65%以下に比べ、若干水分含量が高い材料草であった。その場合の発酵品質は、フレール型の収穫機で調製を行ったイネWCSのpH値がコンバイン型で収穫したものに比べ有意 (P<0.05)に低下したものの4.40で、尿素液を添加していなかったものでも、pH値は4.33とpH値は4.2以下に低下しなかった。通常サイレージの品質を低下させる要因の酪酸発酵はpH4.2以上で起こる¹²⁾とされており、今回の試験でも酪酸含量は0.47%と高くなったのは、pH値が4.2以下に低下しなかったためと考えられた。

また、フレール型で生産したイネWCSの酪酸含量はコンバイン型に比べて有意 (P<0.05)に高く、Vスコアは28点と品質的に良質の発酵ではなかった。さらに部位別の発酵品質は、ロール部位が下部に向かうほど酪酸含量が有意 (P<0.05)に増加し、品質が低下した。これは、ロール貯蔵中にロール内で下部方向への水分移動があ

り、そのため下部部分の水分含量が高くなり、pH値が上昇し酪酸発酵が進んだと考えられた。このことから、高水分のイネをフレール型で収穫調製した場合、ロール内で発酵のバラツキが起りやすいものと推測された。

一方、コンバイン型の収穫機で調製したイネWCSはフレール型に比べ総酸含量が有意 ($P<0.05$)に低く、発酵があまり進んでいなかった。そのため乳酸の生成量が少なかったものの、酪酸含量も低く、Vスコアで50点以上の値を示しており、フレール型に比べ品質的には上回っていた。その中でも特に穂部分では、Vスコアが70点を超え良質の発酵となっていた。これは穂部分の水分含量が56.0%と、非常に低かったこと、コンバイン型の中では比較的、乳酸発酵が進んでいたことによるものであるが、逆に株元部分の水分が77.5%と非常に高くなり、酪酸含量に差は見られなかったものの、VBN/TNが他の部位に比べ高くなったため、Vスコアは40点と低く、コンバイン型のロールにおいてもフレール型と同様に、ロール内の発酵品質にバラツキが大きいたことが明らかになった。

これらコンバイン型とフレール型の発酵の違いは、収穫機の刈取り方法の違いによるものと考えられる。つまり、コンバイン型での収穫方法はディスクカッタにより、イネの草姿を残したまま、15cmから20cm程度の間隔でイネを数分割に細断して梱包していくため、イネ植物体からの液汁が染み出し難いのに対し、フレール型ではイネをフレール刃で叩き切っていくため、コンバイン型より細かく切断され、しかもイネ全体に切傷がつきやすく、液汁が植物体から染み出しやすく、乳酸発酵に必要な液汁中の糖類と乳酸菌の接触がしやすかったため、フレール型の方が発酵が進んだと推測される。

カビの発生による廃棄割合は、フレール型ではカビの発生がほとんど見られず、廃棄割合が0%であったのに対し、コンバイン型では5~13%となり、カビの発生防止の観点から見た場合、フレール型の方が優れていた。これらカビ発生の原因も発酵品質同様に、コンバイン型とフレール型の刈取り方式の違いによるものと考えられる。イネは茎が硬く中空があり、茎内に空気が残りやすい。そのため、ディスクカッタ方式のコンバイン型ではほぼイネの形状を残したまま、イネを刈り取っていくため、茎部に中空が残りやすく梱包密度が低下しやすい。また梱包時に刈り取られたイネが茎葉部と穂部分がほぼ分離された状態で梱包していくため、ロール内での密度がバラツキやすく、そのためカビの発生が起き易かったものと考えられる。

それに対してフレール型では、イネをフレール刃で叩き切るため、茎部が圧傷され、中空ができにくく、その後、フレール刃によって吹き上げられながら梱包部に輸送されるため、穂部および茎葉部分が均一に混合され密度も高く、ロール内でのバラツキも少ないこと。さらには、先ほど述べたように、フレール型の方が、乳酸発酵

が進みやすく、酸度が高まったことによりカビの発生が抑えられたものと考えられた。

また、イネWCS全体の飼料成分における機種間差は見られなかった。しかし吉田らの報告⁴⁾では黄熟期の飼料専用品種の刈取りでは、フレール型の方がコンバイン型にくらべ収穫損失率が高く、特に籾の損失量が多くなるとしている。本試験では損失率の調査を行わなかったが、NFEおよびTDN値で、フレール型がコンバイン型に比べ若干低く、エネルギー含量の高いモミ部分の損失による影響が示唆された。なお今回収穫に用いたイネが食用品種であり熟期も糊熟期であったため、黄熟期に比べてモミの脱粒性は低かったと思われるが、フレール型についてはイネの品種や刈取り時期の関係では、モミの損失による飼料成分の低下も考えられるため、この点については考慮する必要がある。

またコンバイン型ではモミの偏りによるロール内の飼料成分値に差が認められた。これは先にも述べたとおり機械の刈取り方法の違いによるものであるが、給与にあたってはよく混合して給与するか、もしくは部位別の栄養水準を理解した上で、分離給与するなどの対策を講じる必要があると考えられる。

添加剤の効果として今回、カビ発生防止策として尿素液の添加を行った。吉田らの報告¹³⁾では予乾体系で尿素を現物重量あたり2%以上添加することで、カビの発生防止効果があったとしている。これに対して本試験では、現物重量あたり、尿素として約0.2%程度の少量添加であったため、コンバイン型ではカビの発生が見られ、この程度の少量添加ではカビを防止することは出来なかった。しかし、尿素液添加の有無による差は認められなかったものの、添加区の方が無添加区にくらべ低下傾向を示していたことから、尿素添加量の増加によってはカビの防止効果が期待できる可能性があるものと考えられる。しかし現在これら専用収穫機に取り付けの添加装置のタンク容量は20リットルと小さい。また現地調査では約10ロール作成ごとに添加剤の補充作業を行っていたため、これ以上の大幅な添加量の増加は作業性の低下をもたらすため、あまり有効とは言えない。

一方、祭ら¹⁴⁾は、イネWCS専用の乳酸菌を選抜し、この添加によりダイレクトカット体系の専用収穫機でもpH値が低下した良質の発酵品質のイネWCSの調製が可能としている。乳酸菌の場合、尿素液に比べ少量でもその効果が期待できる。特に発酵が進みやすいフレール型専用収穫機では、カビの発生がほとんど見られなかったことから、この乳酸菌や、その他糖類、もしくは安価で自家作成が可能なFJLB¹⁵⁾などの乳酸発酵促進剤の利用が品質改善、特に酪酸発酵防止には有効と考えられ、これらについてはさらに検討を行う必要がある。さらに今回のコンバイン型のロールでは穂部分の水分が低く、発酵品質も良好であったことから、コンバイン型については添加剤の噴霧位置を、株元部に集中して添加させる方

法についても検討する必要があると考えられた。

エタノール含量についてはコンバイン方式がフレール型に比べ高かった。一般にエタノールには消毒作用がありカビの発生予防効果がある。このことから、カビの発生予防にはエタノールの生成量を高めさせ、防除する方策も考えられる。エタノールは酵母あるいは乳酸菌から生成されるが¹²⁾、永西ら¹⁶⁾によるとイネWCS中のエタノール含量は調製後7日までに急激に高まり、その後変化が無いか緩やかに減少したとしていることから、イネWCSの場合好気性で活動する酵母によるエタノールの生成が主流と考えられる。この酵母の場合は、乳酸発酵が抑制されかつ可溶性炭水化物の残存率が高い予乾サイレージほど活動が助長される¹⁷⁾としていることから、本試験のように液汁の出にくく乳酸発酵の低かったコンバイン型のイネWCSの方がエタノール含量が高かったものと考えられ、コンバイン型ではこのエタノール含量の増加による品質保持の効果を検討する余地もあるものと考えられた。

以上のように、今回のフレール型とコンバイン型の刈取り方法の違いにより、ロール内の品質やカビ発生量に違いが見られることから、機械導入の選定に当たってはこれらの結果を踏まえて検討を行う必要がある。また吉田ら⁴⁾によると、作業時間も10aあたりで約8分ほどの違いがあり、またロール重量も本調査でフレール型が200kg前後、コンバイン型で290kg前後と約100kg程度の重量差があることから、これらの特徴も参考に必要がある。

謝 辞

本調査にあたりイネWCSの提供を賜りました生産農家の皆様、ならびに多大な協力を頂きました印旛農業改良普及センター、および千葉県農林水産部園芸農産課の担当者の方々に深謝します。

参 考 文 献

- 1) 千葉県農林技術会議編(2001):千葉県稲作標準技術体系、平成13年3月:39-46
- 2) 浦川修司(1997)三重県農業技術センター特別研究報告3:6-16
- 3) 服部育男・佐藤健次・小林良次・只野克紀・小原信孝・上村慶治・伊藤尚勝(2002):日本草地学会誌48,別号、222-223
- 4) 吉田宣夫・春日政夫・山井英喜・青山達也(2002)日本草地学会誌48:別号、186-187
- 5) 自給飼料品質評価研究会編(2001)改訂 粗飼料の品質評価ガイドブック、日本草地畜産種子協会、東京
- 6) 渡辺晴生・堀田正樹・高梨 勝・佐藤公明(1998)千葉畜セ研報22:49-57
- 7) 独立行政法人農業技術研究機構編(2001)日本標準飼料成分表、中央畜産会、東京
- 8) 網田昌信・倉田和馬・石橋誠・富森健助・畠山誠一(2002)熊本県農業研究センター畜産研究所試験成績書158-169
- 9) 伊藤純一・関里織・大槻健治(2003)福島県畜産試験場研究報告10:59-65
- 10) 農業技術研究機構編(2002)稲発酵粗飼料生産・給与マニュアル
- 11) 吉田宣夫(2003)Grass16:18-26
- 12) 須藤浩(1971):サイレージと乾草 養賢堂 東京
- 13) 吉田宣夫・清水博之・山井英喜・並木勝治(1998)埼玉県畜産センター研究報告2:87-91
- 14) 祭義民・藤田泰仁・徐春城・吉田宣夫・小川増弘(2002)日本草地学会誌48:別号190-191
- 15) 平岡啓司・乾清人・山本泰也・浦川修司・荻田修一・後藤正和(2003)日本草地学会誌49:別号236-237
- 16) 永西修・四十万谷吉郎(1998)草地学会誌44:179-181
- 17) 高野信男・佳山良正・川鍋祐夫(1989)粗飼料・草地ハンドブック 養賢堂、東京:555-568