

試験業務報告書

〔第一部〕 DDGS（トウモロコシ蒸留粕）を用いた乳牛に対する給与試験報告書

〔第二部〕 DDGS（トウモロコシ蒸留粕）の保存試験報告書

〔第三部〕 DDGS（トウモロコシ蒸留粕）の栄養成分と消化性のばらつきに関する試験報告書

平成 16 年 9 月 30 日

日 本 獣 医 畜 産 大 学
動 物 栄 養 学 研 究 室

[第一部]

DDGS(トウモロコシ蒸留粕)^{*}を用いた 乳牛に対する給与試験報告書

日本獣医畜産大学
動物栄養学研究室

.目的

DDGS (とうもろこし ジスチラーズ グレインソリュブル¹⁾) は栄養価も高く、新しい飼料原料として米国では牛用飼料を中心に使用され、今後も供給増加が期待されている。

日本でも、この新しい飼料原料に関する基礎的評価試験が終了し、栄養価等についての数値が設定され、その後、暫定値として公表された (農水省告示第 1589 号、2004 年 8 月 30 日付け官報)。

本試験は、日本国内での本格的使用に先立ち、日本の乳牛飼養形態に合わせた飼育現場での飼料価値を評価するために行った。

.方法

1 . 試験期間・試験場所

試験期間は 2004 年 2 月から 6 月までの間に、3 ヶ所の牧場で約 3~4 ヶ月間にわたり行った。試験場所は、北海道とともに酪農の先進地域である栃木県那須地区において、同地域の代表的酪農家 3 軒で実施した。牧場の概要は表 - 1 の通りである。

表 - 1 試験牧場の概要

牧場名	A 牧場	B 牧場	C 牧場
飼養頭数 ¹⁾	100 頭	70 頭	480 頭
飼養形態	個体繫留方式	個体繫留方式	フリーストール方式
労働形態	2 世代家族	2 世代家族	2 家族と雇用
試験期間	3 月 1 日~6 月 8 日	3 月 7 日~6 月 7 日	2 月 4 日~5 月 30 日

(註)¹⁾ 飼養頭数の内訳：搾乳牛、乾乳牛、育成牛、その他一部肥育牛を含む。

註)^{*}平成 16 年 8 月 30 日の暫定値の公表に伴う DDGS の正式名は「とうもろこし ジスチラーズグレインソリュブル」と告示された。

各牧場の特徴

A 牧場は産次数を重視し農場平均 5 産を目標に乳牛を管理しており、搾乳ピーク時でも搾りきらず、配合飼料は控えめで牧草を多給している。牛舎には 7 産で 9500kg 以上搾乳している牛もあり、5 産以上が多くみられ、20 代の若い世代に経営が移行している時期である。飼料設計は顧問獣医師に委託し購入した TMR、乾牧草、配合飼料を中心に給与している。

B 牧場は 2 世代が協力し経営している。産次数重視から高泌乳重視に考え方が幾分変換し接点を模索中である。現在は 3~4 産である。デントコーンを作り通年サイレージ方式を実施し飼料設計は飼料会社に委託している。

C 牧場は世代交代が終了し搾乳牛も 200 頭を超え、現在も増頭中である。高泌乳群（30kg 以上）と低泌乳群に分け夫々一日に 3 回と 2 回の搾乳を実施している。

飼料設計は飼料会社に委託し自作の牧草は育成牛の飼料に用い搾乳牛群は購入 TMR、配合飼料、乾牧草を使用している。

2 . 供試 DDGS

試験に使用した DDGS は 2004 年 1 月に日本獣医畜産大学がアメリカより輸入した製品で、飼料設計時の成分値は農水省より公表された下記暫定値(案)²⁾を使用した。

表 - 2 供試 DDGS の計算に用いた成分値

(単位：%)

水分	粗蛋白質	粗脂肪	N F E	粗繊維	粗灰分	T D N
11.4	27.3	12.1	38.2	6.9	4.1	84.0

(註)²⁾ DDGS (とうもろこしジスチラースグレインソリュブル) の栄養価等の暫定値 (案) は、その後、暫定値として告示された (平成 16 年 8 月 30 日付官報)。

3 . DDGS 飼料の設計・給与

飼料の設計にあたっては NETWORK 第 30 号に報告した DDGS のアメリカでの使用事例と日本国内での乳牛用飼料原料、サイレージ等の使用実態を勘案し、乳牛 1 頭あたり 1.5kg/日を目安に各牧場が使用している TMR 飼料に配合した。なお飼料の設計・給与にあたっては DDGS の飼料特性を加味し摂取栄養素、乾物摂取量などが従来の給与飼料と変わらないよう各農場の飼料設計技術者と打合せ実施した。

飼料の給与方法は各牧場の常法に従った。DDGS の使用は A 牧場では乾牧草、配合飼料、購入 TMR で調整し、B 及び C 牧場では配合飼料と圧ペントウモロコシで置換した。

4. 試験方法、供試頭数

試験は各農場とも牧場経営の中で行うため特別な方法は採らず、牛群設定後、約3ヶ月の試験期間を設け、最初の1ヶ月はDDGSの無給与期間(飼料中に配合しない=1期)、次の1ヶ月は給与期(飼料中に配合=2期)、最後の1ヶ月は無給与期(3期)とした。

なお各牧場別の供試頭数はA牧場34頭、B牧場39頭、C牧場87頭であった。

5. 測定項目

各試験期間とも乳量、乳成分(乳脂率、乳蛋白質率、無脂固形分率)について調査を行った。乳量は各牧場の毎日の生産記録、乳成分は出荷先酪農組合により月4回行われる「生乳検査」の結果を採用した。

結果

1. 乳量

乳量は各牧場の毎日の測定記録を採用した。1日1頭あたりの平均乳量及び給与期と無給与期の比較は表-3、図-1に示した。なお、ここでは、給与期は2期の値を、無給与期は1期と3期の平均値を用いた(以下同様に処理)。

また、日々の乳量の変化は図-2~4に示し、数値は参考資料(表-5~7)に示した。

1-1. 各牧場の平均乳量

表-3 DDGS 給与状況と平均乳量

(単位: 乳量 = kg/日・頭)

	期	DDGS 給与状況	試験期間	試験 日数	平均供 試頭数	平均乳量
A 牧場	1 期	無給与期	3/1 ~ 4/2	33	33.1	28.4
	2 期	給与期	4/3 ~ 5/9	37	33.7	28.6
	3 期	無給与期	5/10 ~ 6/8	30	33.8	29.4
	(1・3 期)/2	無給与期平均				28.9
B 牧場	1 期	無給与期	3/7 ~ 4/6	31	39.2	27.0
	2 期	給与期	4/7 ~ 5/7	31	39.5	26.5
	3 期	無給与期	5/8 ~ 6/7	31	40.1	26.2
	(1・3 期)/2	無給与期平均				26.6
C 牧場	1 期	無給与期	2/4 ~ 3/13	39	87	33.8
	2 期	給与期	3/14 ~ 4/21	39	87	33.9
	3 期	無給与期	4/22 ~ 5/30	39	87	33.4
	(1・3 期)/2	無給与期平均				33.6

図 - 1 各牧場の平均乳量

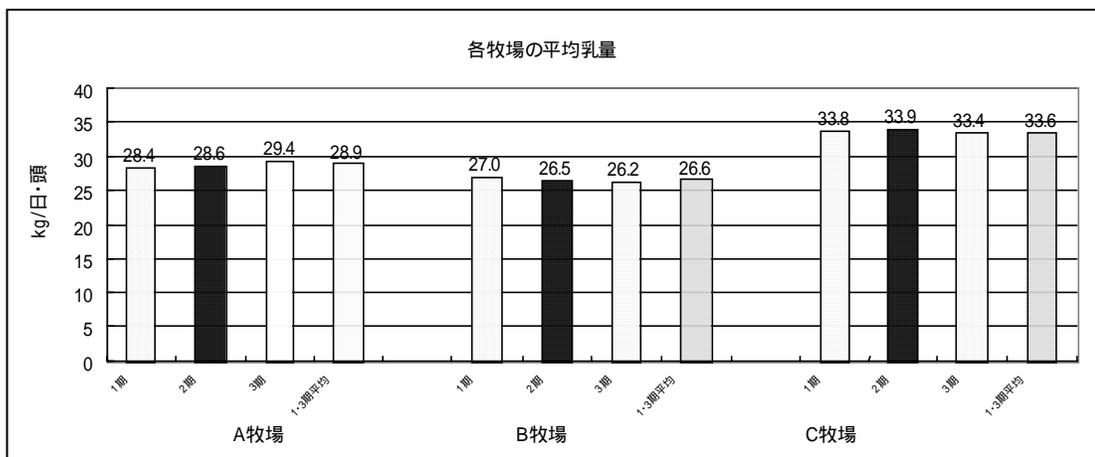


図 - 2 A 牧場 乳量の変化

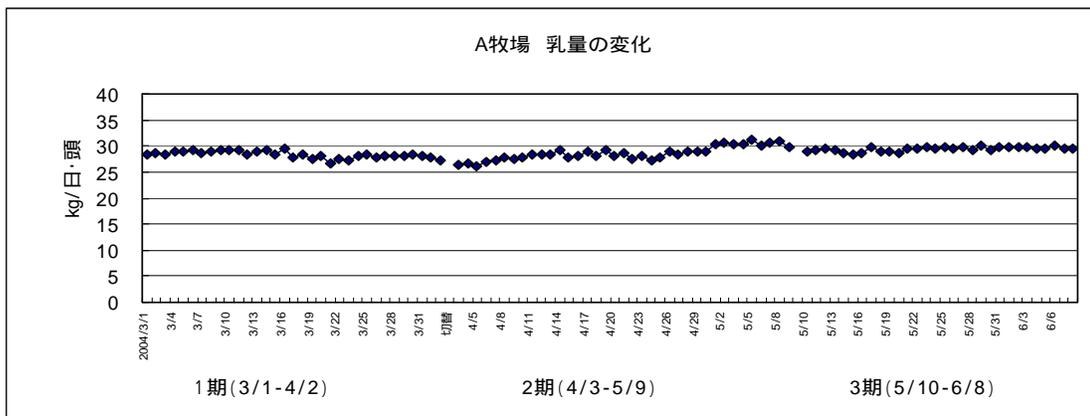


図 - 3 B 牧場 乳量の変化

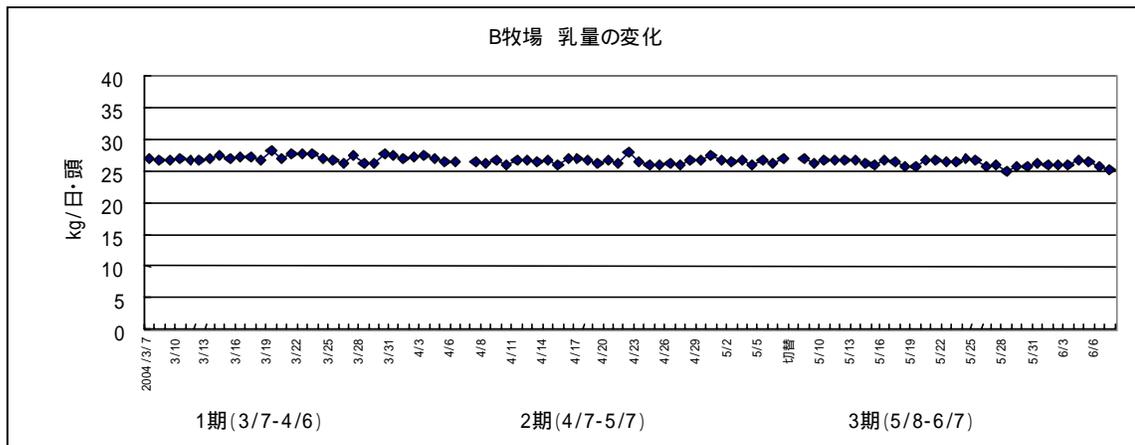
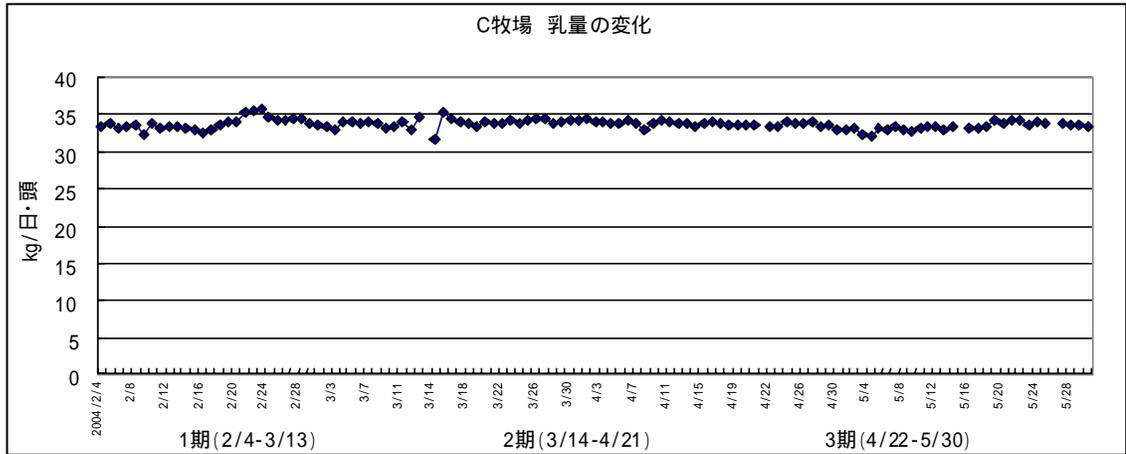


図 - 4 C 牧場 乳量の変化



各牧場の経営方針、試験開始時の牛群の構成方法により牧場間の平均乳量には差がみられるが、各牧場ごとに DDGS 給与期間（2 期）と無給与期間（1 期、3 期）の平均値をみると、この間には差は認められなかった。

1 - 2) 飼料切替え時の乳量の変化

飼料の切替え時に乳量の変動がみられることがあるので、各牧場ごとに切替え時の変化を図 - 5 より図 - 7 に示した。C 牧場の 1 期（DDGS 無添加）より 2 期（添加）への切替え時の集乳記録に低下傾向がみられたため牧場管理者に調査を依頼した結果、飼料の切替えは 14 日の午後に行い飼料の影響が出てから切替え 2～3 日あとであるとの報告があり、その後の経過を見た結果、切替えの問題ではないと判断された。

A 牧場では 1 期から 2 期への切替え直後に食い込みが上がったという報告があったが結果を見た限りでは乳量には変化がなかった。

図 - 5 A 牧場 飼料切替え時の乳量の変化

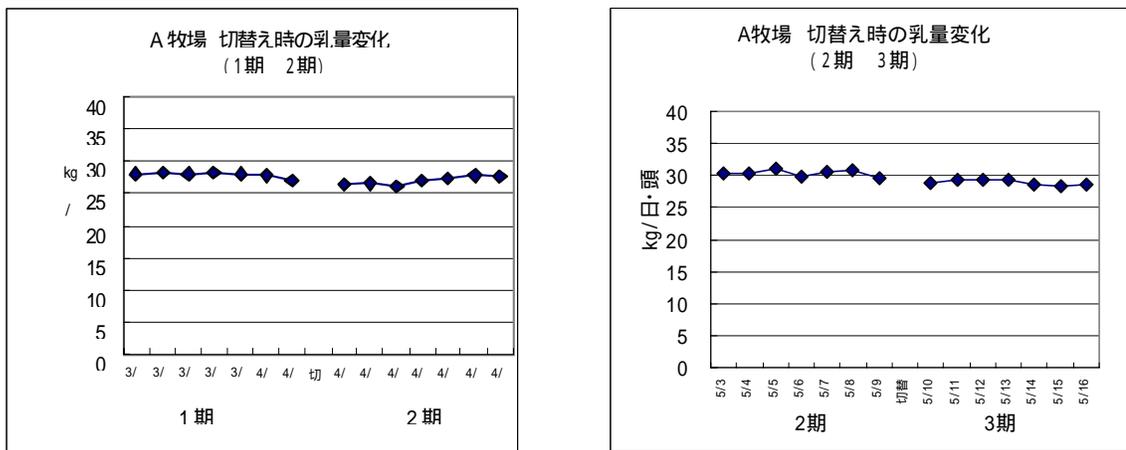


図 - 6 B 牧場 飼料切替え時の乳量の変化

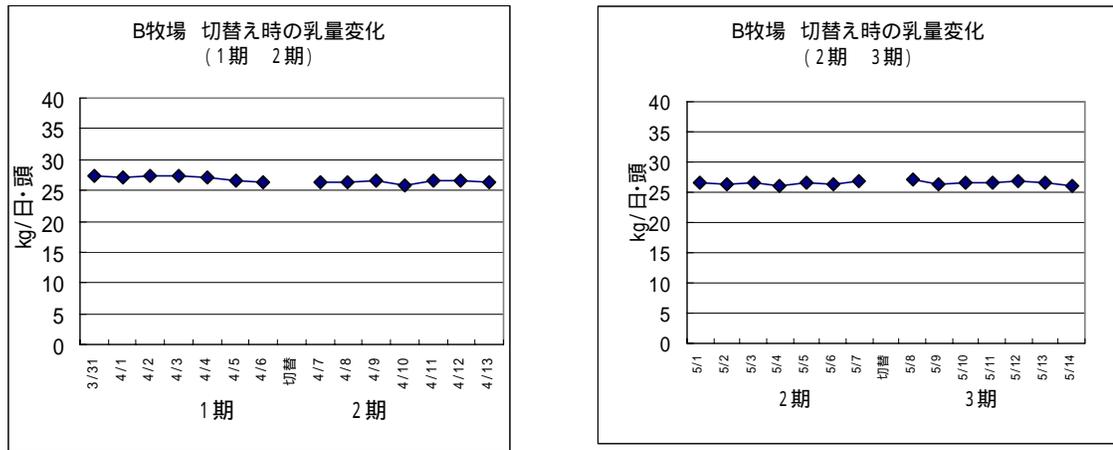
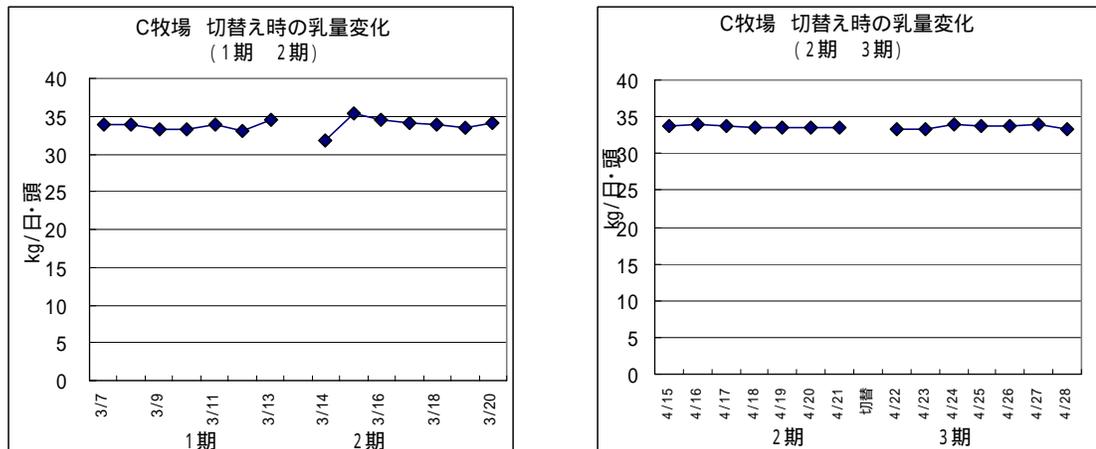


図 - 7 C 牧場 飼料切替え時の乳量の変化



2. 乳成分

乳成分は出荷先酪農組合により行われる生乳出荷検査結果より集計した。

各牧場の乳成分、即ち乳脂率、乳蛋白質率及び無脂固形分率は表 - 4、表 - 8 及び図 - 8 ~ 10 に示した。

これらの結果を見る限りでは 3 牧場とも DDGS の給与期と無給与の間には乳脂率、乳蛋白質率、無脂固形分率などの乳成分には差が認められなかった。

表 - 4 各期及び給与期と無給与期の平均乳成分値

(単位：%)

	期	DDGS 給与状況	検査回数	乳脂率 (%)	乳蛋白質率 (%)	無脂固形分率 (%)
A 牧場	1 期	無給与期	3	4.22	3.33	8.70
	2 期	給与期	4	4.07	3.30	8.66
	3 期	無給与期	3	3.98	3.29	8.58
	(1・3 期)/2	無給与期平均		4.10	3.31	8.64
B 牧場	1 期	無給与期	3	3.84	3.27	8.70
	2 期	給与期	3	3.89	3.25	8.70
	3 期	無給与期	3	3.91	3.20	8.67
	(1・3 期)/2	無給与期平均		3.88	3.24	8.69
C 牧場	1 期	無給与期	4	3.86	3.20	8.75
	2 期	給与期	5	3.72	3.18	8.67
	3 期	無給与期	4	3.70	3.16	8.67
	(1・3 期)/2	無給与期平均		3.78	3.18	8.71

図 - 8 各牧場の平均乳脂率

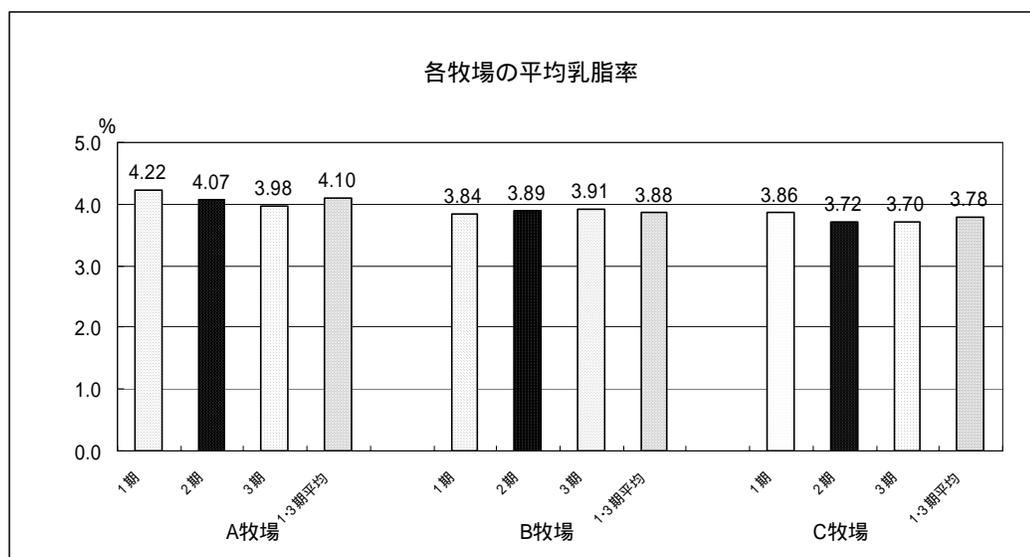


図 - 9 各牧場の平均乳蛋白質率

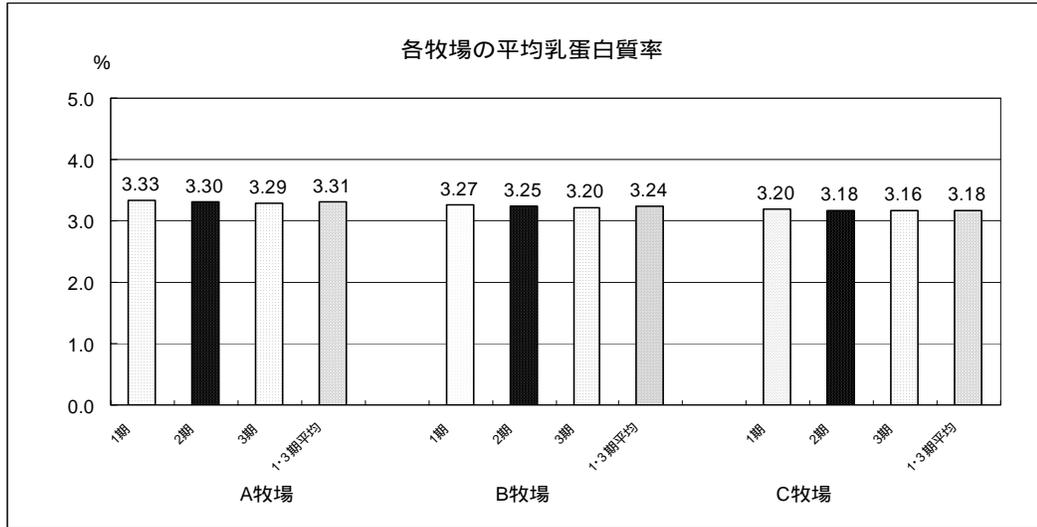
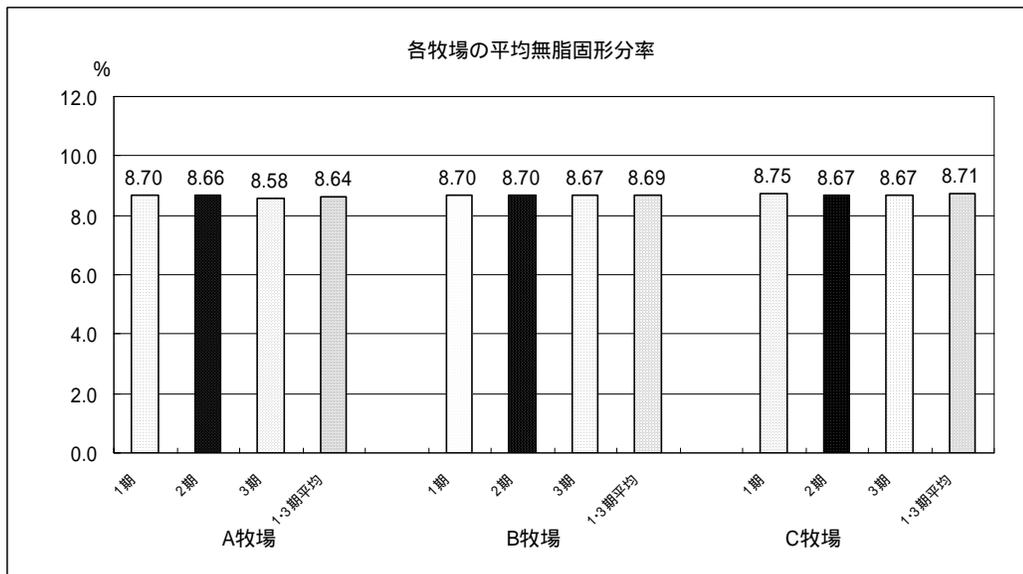


図 - 10 各牧場の平均無脂固形分率



まとめ

1. 本試験は酪農先進地域である栃木県那須地区の酪農家 3 軒を選定し実施した。
2. DDGS の飼料価値の評価はアメリカでの使用実績（アメリカ穀物協会刊行の NETWORK30 号参照）を参考に国内の乳牛用飼料の給与実態を勘案し乳牛 1 頭あたり 1.5kg/日を給与した。
3. 乳牛 1 頭に対する 1.5kg/日の給与量は乾物摂取量で見ると 5~7%に相当し、配合飼料給与量（10~12kg/日）から見ると飼料中に 12~15%配合されていたことになる。
4. DDGS を配合した飼料の設計にあたっては各農場の専任の飼料設計技術者と DDGS の飼料特性を充分話し合い各牧場の実情にあわせて行った。
5. 試験は各牧場の管理等に無理のない形で供試牛の選択を行い、試験最初の 1 ヶ月間は各農場が従来から使用している飼料を給与し、次の 1 ヶ月を DDGS 給与期間とし最後の 1 ヶ月を無給与期間とした。
6. 試験結果の解析は DDGS 無給与区から給与区（又は給与区から無給与区）への切替え時の乳量等の変化、管理者による観察と給与区,無給与区の期間ごとの乳量,乳成分の対比について行った。
7. 乳量、乳成分については、飼料切替え時や、期間ごとの対比結果では差が認められなかった。管理者による観察結果でも嗜好性に差は認められなかった。
8. 本試験を通して各牧場の管理担当者、飼料設計者の話を総合すると DDGS は嗜好性も良く価格が合えば今後も使用してみたい原料であるという評価が得られた。

[参考資料]

表 5 A 牧場 1 日当たり乳量

(単位 : kg / 日・頭)

日数	1 期		2 期		3 期	
	月日	乳量	月日	乳量	月日	乳量
1	2004/3/1	28.5	4/3	26.3	5/10	28.9
2	3/2	28.8	4/4	26.6	5/11	29.3
3	3/3	28.5	4/5	26.2	5/12	29.4
4	3/4	29.0	4/6	27.0	5/13	29.3
5	3/5	29.0	4/7	27.3	5/14	28.5
6	3/6	29.1	4/8	27.7	5/15	28.4
7	3/7	28.7	4/9	27.5	5/16	28.6
8	3/8	29.0	4/10	27.8	5/17	29.8
9	3/9	29.2	4/11	28.3	5/18	29.0
10	3/10	29.3	4/12	28.5	5/19	28.9
11	3/11	29.2	4/13	28.4	5/20	28.7
12	3/12	28.5	4/14	29.1	5/21	29.4
13	3/13	29.0	4/15	27.8	5/22	29.4
14	3/14	29.2	4/16	28.2	5/23	29.7
15	3/15	28.5	4/17	28.9	5/24	29.4
16	3/16	29.6	4/18	28.2	5/25	29.7
17	3/17	27.8	4/19	29.1	5/26	29.5
18	3/18	28.3	4/20	28.2	5/27	29.7
18	3/19	27.5	4/21	28.6	5/28	29.3
20	3/20	28.2	4/22	27.5	5/29	30.0
21	3/21	26.8	4/23	28.2	5/30	29.3
22	3/22	27.6	4/24	27.4	5/31	29.7
23	3/23	27.2	4/25	27.8	6/1	29.7
24	3/24	28.0	4/26	28.8	6/2	29.7
25	3/25	28.4	4/27	28.2	6/3	29.9
26	3/26	27.8	4/28	28.9	6/4	29.4
27	3/27	28.0	4/29	29.0	6/5	29.5
28	3/28	28.2	4/30	29.0	6/6	30.1
29	3/29	28.2	5/1	30.5	6/7	29.4
30	3/30	28.2	5/2	30.7	6/8	29.6
31	3/31	28.2	5/3	30.4	-	-
32	4/1	27.8	5/4	30.4	-	-
33	4/2	27.2	5/5	31.2	-	-
34	-	-	5/6	29.9	-	-
35	-	-	5/7	30.6	-	-
36	-	-	5/8	30.8	-	-
37	-	-	5/9	29.7	-	-
平均		28.4		28.6		29.4

表 6 B 牧場 1 日当たり乳量

(単位: kg/日・頭)

日数	1 期		2 期		3 期	
	月日	乳量	月日	乳量	月日	乳量
1	2004/3/7	27.0	4/7	26.4	5/8	27.0
2	3/8	26.6	4/8	26.3	5/9	26.3
3	3/9	26.7	4/9	26.6	5/10	26.6
4	3/10	27.0	4/10	25.9	5/11	26.6
5	3/11	26.7	4/11	26.7	5/12	26.8
6	3/12	26.8	4/12	26.6	5/13	26.6
7	3/13	27.0	4/13	26.3	5/14	26.2
8	3/14	27.3	4/14	26.6	5/15	26.0
9	3/15	27.0	4/15	25.9	5/16	26.6
10	3/16	27.2	4/16	26.8	5/17	26.3
11	3/17	27.1	4/17	27.0	5/18	25.5
12	3/18	26.6	4/18	26.8	5/19	25.8
13	3/19	28.1	4/19	26.1	5/20	26.6
14	3/20	27.0	4/20	26.6	5/21	26.7
15	3/21	27.7	4/21	26.3	5/22	26.4
16	3/22	27.7	4/22	28.0	5/23	26.5
17	3/23	27.6	4/23	26.3	5/24	26.8
18	3/24	27.0	4/24	26.0	5/25	26.7
19	3/25	26.6	4/25	26.0	5/26	25.6
20	3/26	26.3	4/26	26.1	5/27	25.8
21	3/27	27.4	4/27	26.0	5/28	24.9
22	3/28	26.1	4/28	26.7	5/29	25.6
23	3/29	26.3	4/29	26.7	5/30	25.7
24	3/30	27.7	4/30	27.3	5/31	26.2
25	3/31	27.3	5/1	26.7	6/1	26.0
26	4/1	27.0	5/2	26.3	6/2	26.0
27	4/2	27.3	5/3	26.6	6/3	26.0
28	4/3	27.3	5/4	26.0	6/4	26.8
29	4/4	27.0	5/5	26.6	6/5	26.3
30	4/5	26.5	5/6	26.2	6/6	25.6
31	4/6	26.4	5/7	26.9	6/7	25.3
平均		27.0		26.5		26.2

表 7 C 牧場 1日当たり乳量

(単位: kg/日・頭)

日数	1 期		2 期		3 期	
	1	2004/2/4	33.3	3/14	31.7	4/22
2	2/5	33.9	3/15	35.3	4/23	33.3
3	2/6	33.1	3/16	34.5	4/24	34.0
4	2/7	33.4	3/17	34.1	4/25	33.7
5	2/8	33.6	3/18	33.9	4/26	33.8
6	2/9	32.2	3/19	33.4	4/27	34.0
7	2/10	33.8	3/20	34.1	4/28	33.3
8	2/11	33.2	3/21	33.8	4/29	33.6
9	2/12	33.3	3/22	33.8	4/30	33.0
10	2/13	33.4	3/23	34.3	5/1	33.0
11	2/14	33.2	3/24	33.7	5/2	33.2
12	2/15	33.0	3/25	34.3	5/3	32.3
13	2/16	32.6	3/26	34.4	5/4	32.1
14	2/17	32.9	3/27	34.4	5/5	33.1
15	2/18	33.6	3/28	33.8	5/6	33.0
16	2/19	34.0	3/29	34.0	5/7	33.4
17	2/20	34.1	3/30	34.2	5/8	32.9
18	2/21	35.2	3/31	34.3	5/9	32.8
19	2/22	35.6	4/1	34.5	5/10	33.1
20	2/23	35.7	4/2	34.0	5/11	33.4
21	2/24	34.7	4/3	34.1	5/12	33.4
22	2/25	34.3	4/4	33.7	5/13	33.0
23	2/26	34.2	4/5	33.9	5/14	33.4
24	2/27	34.5	4/6	34.3	5/15	-
25	2/28	34.4	4/7	33.8	5/16	33.1
26	2/29	33.8	4/8	33.0	5/17	33.1
27	3/1	33.5	4/9	33.8	5/18	33.4
28	3/2	33.3	4/10	34.3	5/19	34.2
29	3/3	33.0	4/11	34.0	5/20	33.8
30	3/4	34.0	4/12	33.8	5/21	34.2
31	3/5	34.1	4/13	33.7	5/22	34.2
32	3/6	33.9	4/14	33.3	5/23	33.6
33	3/7	34.0	4/15	33.8	5/24	34.1
34	3/8	33.8	4/16	34.0	5/25	33.9
35	3/9	33.2	4/17	33.8	5/26	-
36	3/10	33.3	4/18	33.5	5/27	33.7
37	3/11	34.0	4/19	33.5	5/28	33.5
38	3/12	33.0	4/20	33.6	5/29	33.5
39	3/13	34.6	4/21	33.6	5/30	33.3
平均		33.8		33.9		33.4

表 8 各牧場の乳成分検査成績

(単位：%)

牧場名	期	検査月日	乳脂率	乳蛋白質率	無脂固形分率
A 牧場	1期	3/9	4.23	3.33	8.67
		3/17	4.23	3.29	8.63
		3/25	4.21	3.37	8.79
		平均	4.22	3.33	8.70
	2期	4/12	4.19	3.34	8.68
		4/20	4.03	3.31	8.62
		4/27	3.99	3.29	8.67
		5/6	4.08	3.27	8.67
		平均	4.07	3.30	8.66
	3期	5/19	3.96	3.29	8.58
		5/24	4.03	3.31	8.62
		6/8	3.94	3.26	8.53
平均		3.98	3.29	8.58	
B 場	1期	3/18	3.91	3.23	8.67
		3/24	3.85	3.28	8.71
		4/1	3.77	3.29	8.73
		平均	3.84	3.27	8.70
	2期	4/22	3.95	3.27	8.70
		4/28	3.89	3.25	8.69
		5/7	3.82	3.23	8.70
		平均	3.89	3.25	8.70
	3期	5/18	3.89	3.20	8.69
		5/25	3.95	3.21	8.65
		6/7	3.90	3.20	8.67
		平均	3.91	3.20	8.67
C 牧場	1期	2/9	3.82	3.18	8.73
		2/17	3.94	3.18	8.77
		2/26	3.84	3.18	8.76
		3/8	3.82	3.25	8.73
		平均	3.86	3.20	8.75
	2期	3/22	3.82	3.25	8.76
		3/29	3.74	3.20	8.71
		4/6	3.65	3.15	8.63
		4/13	3.69	3.16	8.62
		4/21	3.72	3.13	8.64
		平均	3.72	3.18	8.67
	3期	5/6	3.72	3.15	8.67
		5/13	3.68	3.16	8.65
		5/20	3.64	3.16	8.67
		5/26	3.76	3.16	8.67
平均		3.70	3.16	8.67	

〔参考表〕 各期及び給与期と無給与期の平均乳成分値

(単位：%)

	期	DDGS 給与状況	検査回数	乳脂率 (%)	乳蛋白質 率(%)	無脂固形 分率(%)	乳糖率 (%)	体細胞数 (万個)
A 牧場	1 期	無給与期	3	4.22	3.33	8.70	4.37	21
	2 期	給与期	4	4.07	3.30	8.66	4.36	18
	3 期	無給与期	3	3.98	3.29	8.58	4.29	23
	(1・3期)/2	無給与期 平均		4.10	3.31	8.64	4.33	22
B 牧場	1 期	無給与期	3	3.84	3.27	8.70	4.44	34
	2 期	給与期	3	3.89	3.25	8.70	4.45	35
	3 期	無給与期	3	3.91	3.20	8.67	4.47	29
	(1・3期)/2	無給与期 平均		3.88	3.24	8.69	4.46	32
C 牧場	1 期	無給与期	4	3.86	3.20	8.75	4.55	17
	2 期	給与期	5	3.72	3.18	8.67	4.49	15
	3 期	無給与期	4	3.70	3.16	8.67	4.51	12
	(1・3期)/2	無給与期 平均		3.78	3.18	8.71	4.53	15

〔参考表〕 各牧場の乳成分検査成績

牧場名	期	検査月日	乳脂率 (%)	乳蛋白質 率 (%)	無脂固形 分率 (%)	乳糖率 (%)	体細胞数 (万個)
A 牧場	1期	3/9	4.23	3.33	8.67	4.34	12
		3/17	4.23	3.29	8.63	4.34	39
		3/25	4.21	3.37	8.79	4.42	13
		平均	4.22	3.33	8.70	4.37	21
	2期	4/12	4.19	3.34	8.68	4.34	11
		4/20	4.03	3.31	8.62	4.31	31
		4/27	3.99	3.29	8.67	4.38	16
		5/6	4.08	3.27	8.67	4.40	12
		平均	4.07	3.30	8.66	4.36	18
	3期	5/19	3.96	3.29	8.58	4.29	28
		5/24	4.03	3.31	8.62	4.31	25
		6/8	3.94	3.26	8.53	4.27	15
		平均	3.98	3.29	8.58	4.29	23
B 場	1期	3/18	3.91	3.23	8.67	4.44	35
		3/24	3.85	3.28	8.71	4.43	35
		4/1	3.77	3.29	8.73	4.44	31
		平均	3.84	3.27	8.70	4.44	34
	2期	4/22	3.95	3.27	8.70	4.43	35
		4/28	3.89	3.25	8.69	4.44	33
		5/7	3.82	3.23	8.70	4.47	38
		平均	3.89	3.25	8.70	4.45	35
	3期	5/18	3.89	3.20	8.69	4.49	28
		5/25	3.95	3.21	8.65	4.44	32
		6/7	3.90	3.20	8.67	4.47	26
		平均	3.91	3.20	8.67	4.47	29
	C 牧場	1期	2/9	3.82	3.18	8.73	4.55
2/17			3.94	3.18	8.77	4.59	13
2/26			3.84	3.18	8.76	4.58	20
3/8			3.82	3.25	8.73	4.48	15
平均			3.86	3.20	8.75	4.55	17
2期		3/22	3.82	3.25	8.76	4.51	11
		3/29	3.74	3.20	8.71	4.51	18
		4/6	3.65	3.15	8.63	4.48	12
		4/13	3.69	3.16	8.62	4.46	18
		4/21	3.72	3.13	8.64	4.51	17
		平均	3.72	3.18	8.67	4.49	15
3期		5/6	3.72	3.15	8.67	4.52	13
		5/13	3.68	3.16	8.65	4.49	10
		5/20	3.64	3.16	8.67	4.51	10
		5/26	3.76	3.16	8.67	4.51	16
		平均	3.70	3.16	8.67	4.51	12

[第二部]

DDGS (トウモロコシ蒸留粕) の保存試験報告書

日本獣医畜産大学
動物栄養学研究室

. 目的

DDGS について、その栄養成分や各種動物に対する栄養評価試験は多く報告されている。しかし長期保存や長距離輸送を想定した品質の変化については報告が見当たらない。そこで DDGS の船便輸入時の高温域通過を想定し、その油分の品質変化を確認することを主な目的とした高温保存試験および加湿高温試験を行った。同時に匂い、色の変化についても検討し、また抗酸化剤エトキシキンを添加する効果も検討した。

. 方法

1 . 供試試料

アメリカ南ダコタ州グレースシャーレイク・エネルギー社より 2004 年 1 月に購入し、乳牛のフィールドトライアルに使用したものの一部を供試品として使用した。外観はいわゆるゴールドンイエローと呼ばれる橙色を帯びた黄色であり、ビールとパンを合わせたようなやや香ばしい匂いがした。

2 . 試験期間

2004 年 4 月 ~ 8 月

3 . 試験場所

日本獣医畜産大学 動物栄養学教室 (東京)

4 . 試験 (高温保存試験)

DDGS の高温条件下での保存を想定し、油脂の酸化を促進するために 60 °C、40 °C で 8 週間高温保存した。比較対照区として飼料倉庫内で同期間保存した。また 40 °C 高温条件で抗酸化剤を添加 (エトキシキン 150ppm) し、その効果を検討した。サンプルは各測定日毎に対応した数の 3 リットルプラスチック容器に約 700g を入れ保存し、毎日蓋を開け通気した。測定時にはその一部を縮分採取し測定試料とした。

表 1 試験（高温保存試験）の区の設定

	保存場所	保存温度	備 考
H60 区	恒温器	60	
H40 区	恒温器	40	
H40E 区	恒温器	40	エトキシキン 150ppm 添加
N23 区	倉庫内	20～25 程度	

保存期間中は毎日、保存温度および保存品の中心部温度を測定した。サンプルは開始時、1、2、4、6 および 8 週間後に採取し、色（写真 / 色差計）匂い（比較官能法）POV（過酸化物価）AV（酸価）水分、粗脂肪含量を測定した。また開始時と 8 週間後の、
、
、
トコフェロール含量を測定し、総トコフェロール含量（上記トコフェロールの合計値）も算出した。分析方法は試験、
ともに基本的に飼料分析基準注解（科学飼料協会発行）に準拠した。すなわち AV は基準油脂分析試験法、POV は酢酸 - クロロホルム法、トコフェロールは高速液体クロマトグラフ法によった。

5. 試験（加湿高温保存試験）

油脂の酸化は高温と酸素の存在で自動的に進行するほか、酵素により生物学的に進むものがある。試験では油脂の酵素的酸化を見るために、DDGS を高温条件下（40）で加湿し、酵素が作用しやすい条件を設定し、4 週間保存した。このときの油脂性状の変化を測定した。サンプルはシャーレに約 600 g を入れ、これを水入りの密閉容器に収容することで加湿し 40 の恒温器で保存した。また同じ条件でサンプルに抗酸化剤を添加（エトキシキン 150ppm）し、その効果も検討した。

表 2 試験（加湿高温保存試験）の区の設定

	保存場所	保存温度、湿度	備 考
HH40 区	水入り気密容器、恒温器	40、75～100%	
HH40E 区	水入り気密容器、恒温器	40、75～100%	エトキシキン 150ppm 添加

保存期間中は毎日保存環境の温度および相対湿度を測定した。サンプルは開始時、1、2 および 4 週間後に採取し、POV（過酸化物価）AV（酸価）水分、粗脂肪含量を測定した。

. 結果と考察

1. 試験（高温保存）

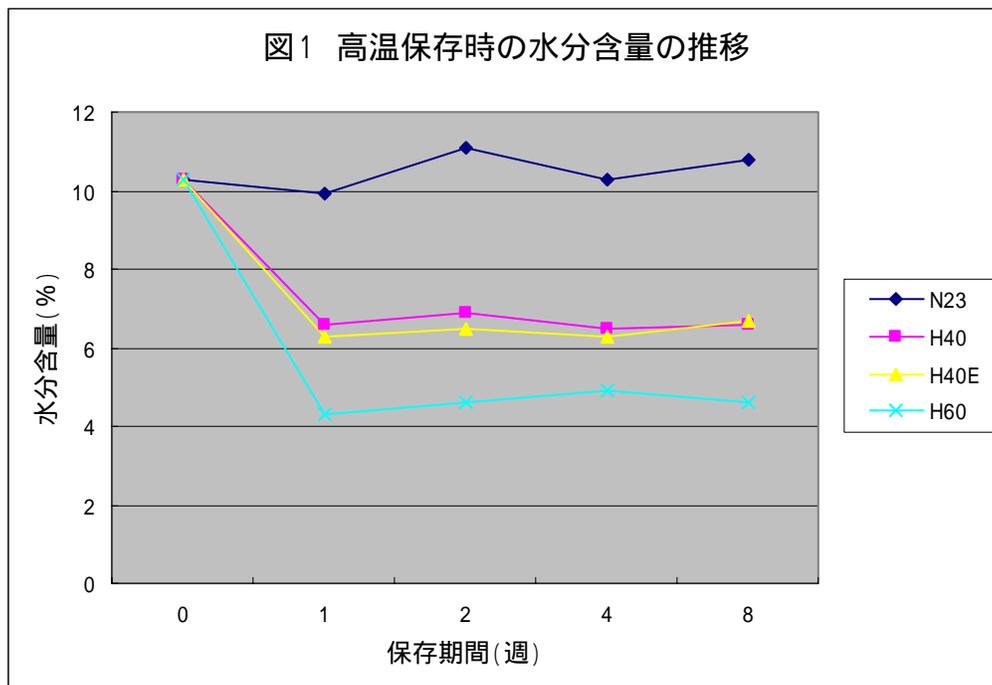
品温

保存期間中はいずれの区も設定どおりの保存温度が保たれた。倉庫内の気温は 20～25 程度（平均 23）であった。品温は設定した温度とほぼ同じ値で推移し、とくに油脂の酸化時に

起こる品温の上昇はみられなかった。

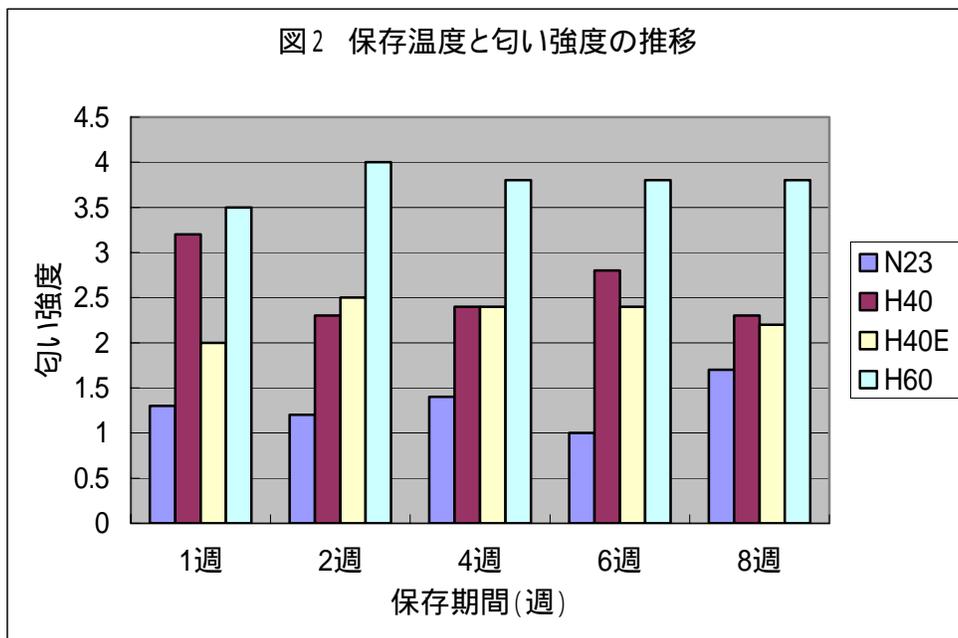
水分（図1 参照）

倉庫保存の N23 区（23 ）では水分含量は約 10.5%で、開始時と変わりなく推移した。高温保存ではいずれも 1 週間後には水分が減少しており、40 保存では約 6.5%、60 保存では約 4.5%となり、以後ほとんど変化しなかった。



におい（図2 参照）

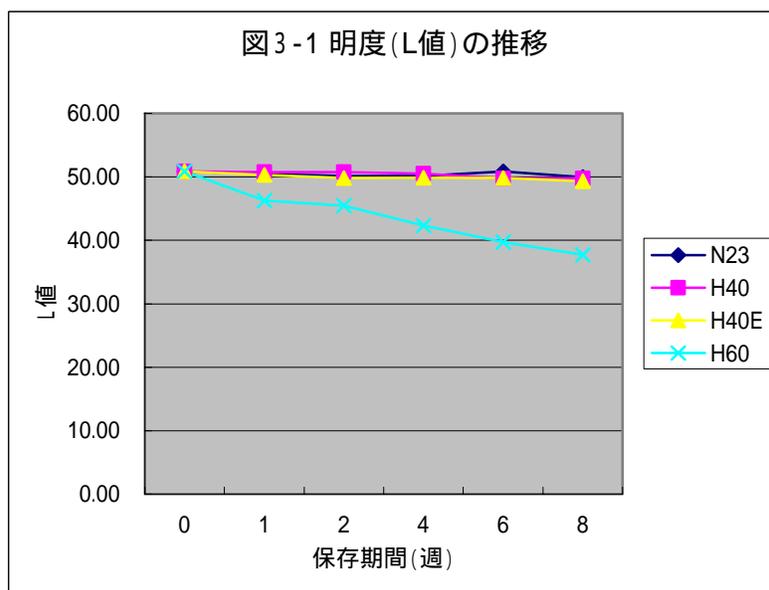
測定ごとに約 7 人のパネラーを使い、異臭の強い順位による数値化で、匂い強度を比較した。保存 1 週間後で高温保存では明らかに倉庫保存よりも異臭が強かった。2 週間後では 40 に比べ 60 では明らかに異臭が強かった。その後も 8 週間後に至るまで匂いの差は温度に関係し、60 で明らかに強かった。40 保存で抗酸化剤の有無は匂いに影響しなかった。このように高温保存では、匂いの変化による商品価値低下の可能性がある。これによる動物の嗜好性への影響については不明であるが要注意であろう。

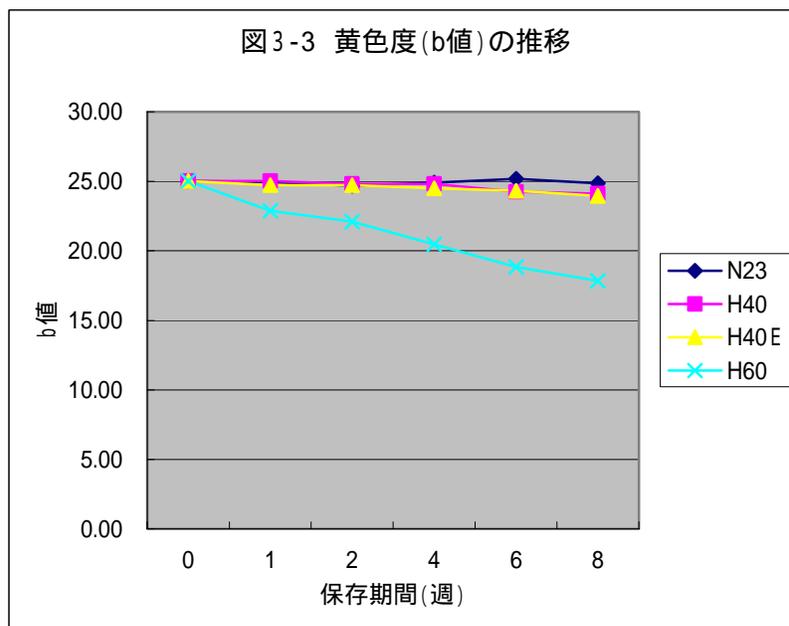
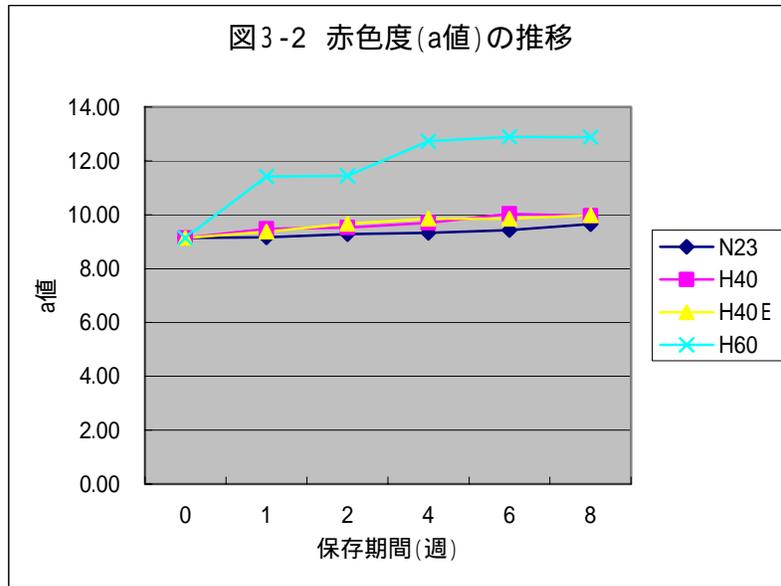


色

保存開始時の DDGS は、いわゆるゴールデンイエローと呼ばれる橙色を帯びた黄色であった。8週間の保存により 40 では倉庫保存と肉眼的に色の差はなく、色の変化はほとんどみられなかった。60 保存では明らかに色が暗く褐色が強くなった。これは1週間後ですでに肉眼的に識別が可能であった。

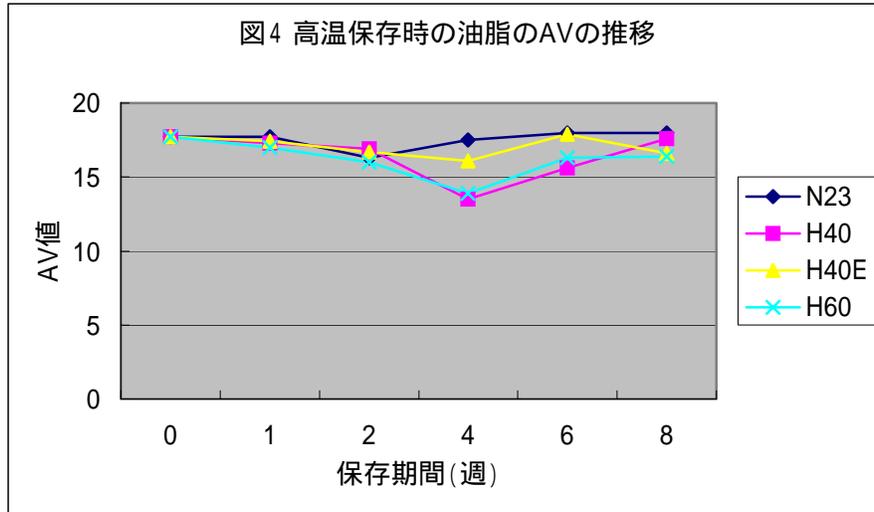
色差計による測定値では、60 保存で L 値（明度）が低下して色が暗くなり、a 値（赤色度）が上昇して赤みが増し、b 値（黄色度）が低下して黄色が減少した（図 3-1 から 3-3 参照）。DDGS は 60 のような高温では褐変が起こる可能性があり、商品価値を下げることも考えられる。



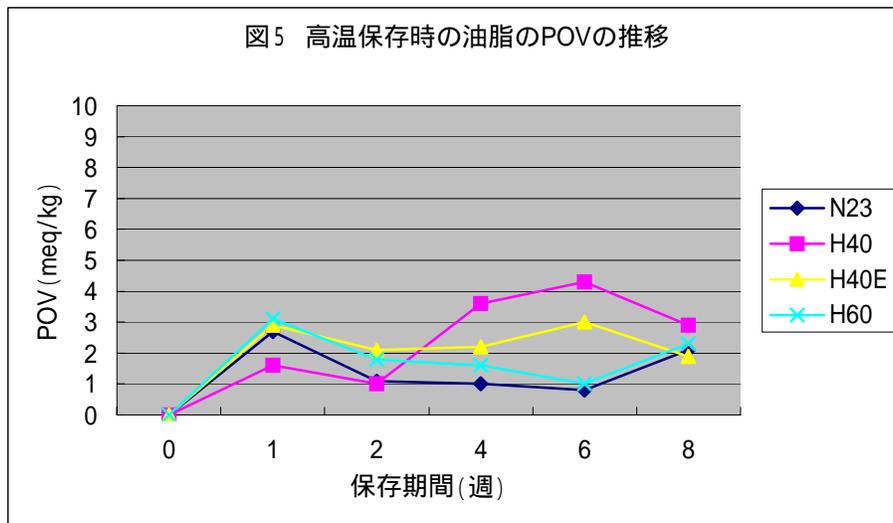


油脂の性状

油脂のAV(酸価)はいずれの温度でも開始時、8週間後ともに16から18の間にあった。保存期間中に処理間で最大4程度の開きが生じたが意味のある差ではなく、保存温度による違いと経時変化は見られなかった(図4参照)。また抗酸化剤の添加によるAV値への影響も見られなかった。AVは脂肪から脂肪酸が遊離した程度を表すが、これらの保存条件では脂肪酸の遊離はほとんど生じないことが示された。



POV (過酸化価) は区間、時期によってある程度のばらつきが見られたが、8 週間を通じて保存温度に関わらずすべての処理で 5 以下の低い値で推移した。また抗酸化剤の添加による POV 値への影響も見られなかった(図5 参照)。本試験では POV は油脂の酸化によって生じた過酸化物の量であるとみられ、油脂の酸化の程度を表している。POV の高い油脂は動物に対し毒性を示すことがある。本試験の結果、かなりの高温条件が続いても DDGS 中の油脂は酸化がほとんど進まないことが示された。



以上から、DDGS はかなりの高温で長期間にわたる保存でも、その油脂はほとんど変敗しないことが示された。

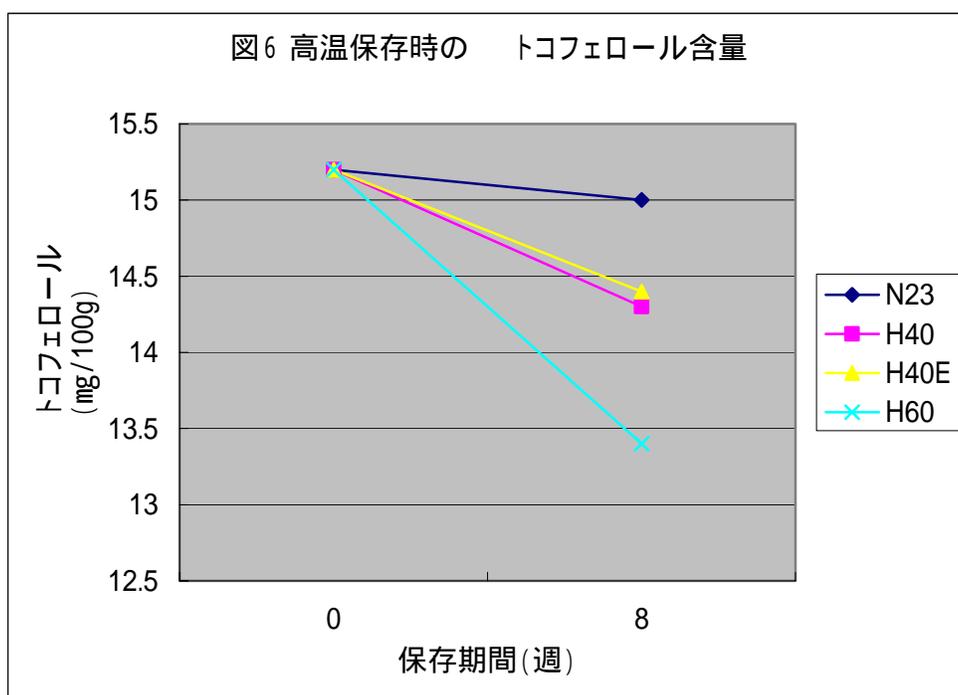
トコフェロール (ビタミン E) 含量 (表3 参照)

高温保存により 8 週間後の総トコフェロール含量は、保存温度に応じて減少していた。

-トコフェロールはほとんど変化しなかった。 -トコフェロールは高温保存前も8週間の高温保存後もいずれの区からも検出されなかった。8週間後の -トコフェロールは、保存温度に応じて明らかな減少を示し、総トコフェロール減少の要因となっていた(図6参照)。 トコフェロールは8週間の保存温度に応じてわずかに減少する傾向を示した。エトキシキンの添加は、いずれのトコフェロール濃度に対してもほとんど影響しなかった。

表3 高温保存による各種トコフェロール含量の変化 (mg/100gDDGS 乾物)

トコフェロール	開始時	高温保存8週間後			
		N23	H40	H40E	H60
総トコフェロール	17.7	17.5	16.9	16.9	16.1
トコフェロール	2.0	1.9	2.0	2.0	2.2
トコフェロール	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず
トコフェロール	15.2	15.0	14.3	14.4	13.4
トコフェロール	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5



トコフェロールは自らが酸化することにより、周囲の物質に対する抗酸化作用を示す。その作用は、
、
、
の順に強いとされている。本試験では油脂の酸化がほとんど進まず、また同時に抗酸化力の強い トコフェロール含量の減少傾向と -トコフェロール含量の明らかな低下が見られたことより、これらのトコフェロールが DDGS に含まれる油脂の酸化を抑制しているものと考えられる。また褐変物質が抗酸化力を有することも知られており、本試験の DDGS においてもそのような現象が生じている可能性もある。

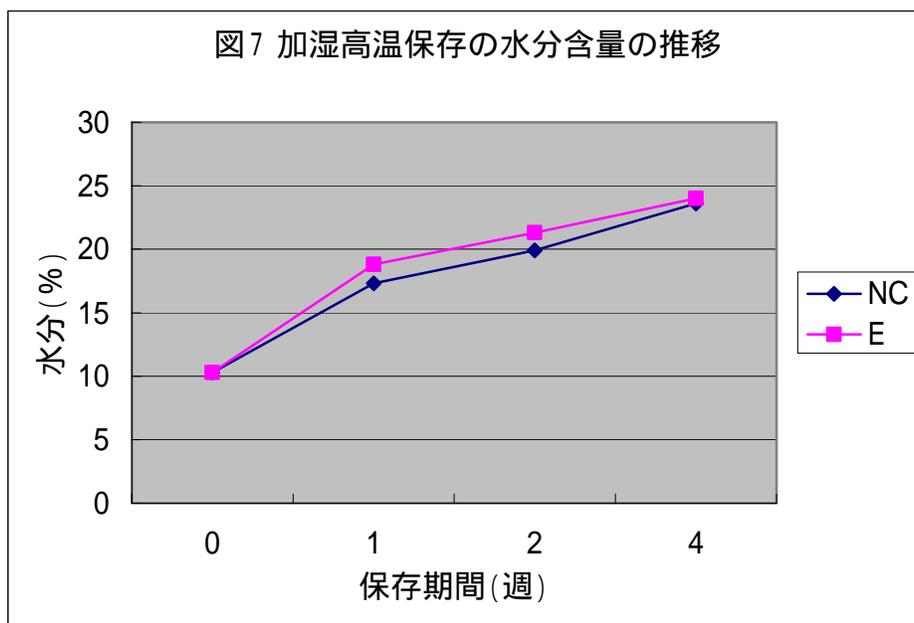
2. 試験（加湿高温保存）

保存環境の温度と湿度の推移

保存期間中の品温は 40 でほぼ一定、相対湿度は 75～100%であった。また 7 日目頃よりカビの発生認め、保存サンプルの酵素的酸化が進む条件設定であることが確認できた。

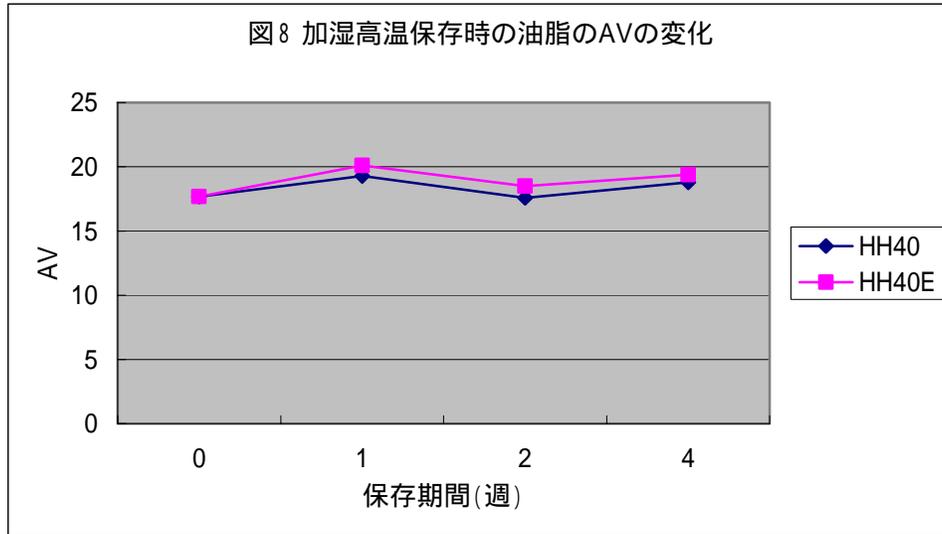
水分（図 7 参照）

40、湿度 75～100%の保存により、DDGS の水分含量は経時的にほぼ直線的に上昇した。開始時の水分は約 10%であり、4 週間後には約 24%にまで上昇した。

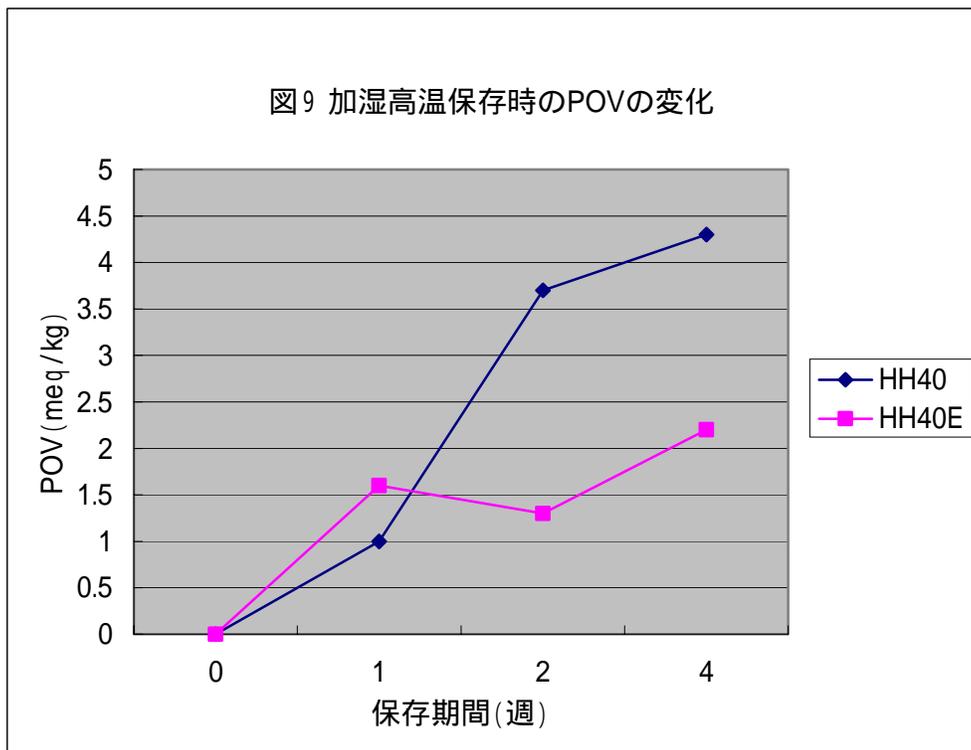


油脂の性状（図 8、9 参照）

油脂の AV（酸価）は 17 から 20 の間にあり、加湿高温保存による経時変化は見られなかった（図 9）。また加湿しない高温保存時と値は変わらなかった（表 4 と比較）。これにより、このような加湿高温保存条件でも遊離脂肪酸の生成はほとんどないことが示された。また抗酸化剤の添加による AV 値への影響は見られなかった。



POV (過酸化価) は経時的に上昇することが認められたが、エトキシキン添加ではこの上昇が抑制されていた(図9参照)。しかしいずれも低い値であり油脂の酸化が大きく進んだものではなかった。以上のように加湿高温保存により、低いながらも酵素的酸化によると思われるPOVの上昇が認められたが、抗酸化剤の添加がそれを抑制した。



.まとめ

- 1 . 本試験は日本獣医畜産大学動物栄養学教室（東京）で実施した。
- 2 . 高温時の長期間輸送や保存を想定して、高温保存（40℃、60℃）および加湿高温保存（湿度75%～100%、40℃）で8週間および4週間保存し、油脂の変質を中心に、色や匂いの変化も検討した。比較対照は倉庫（23℃）保管品とした。高温保存は温度上昇による油脂の自動酸化、加湿高温保存は酵素作用による油脂の酸化をみるために行った。
- 3 . 高温保存により、温度に依存して独特の異臭が強くなった。これは40℃1週間保存後でも多くの方が比較により嗅ぎ分けることができた。
- 4 . また高温保存では色の変化がみられ、60℃では赤色が強く、黄色が弱くなり、全体として色が暗くなり、外観上は褐変した。これは1週間後にすでに肉眼的に区別ができた。しかし、40℃では8週間後も外観上ほとんど変化がなかった。
- 5 . 高温保存では油脂のAV（酸価）およびPOV（過酸化値）のいずれもが、温度に関係なく一定傾向のない低い値で推移した。加湿高温保存でもAV、POVともに低い値で推移したが、POVは経時的に上昇する傾向があった。このとき抗酸化剤の添加により、POVの上昇は抑制された。
- 6 . 以上より「DDGSは60℃などの高温条件では、まず匂いと色に変化が生じるが、このような変化が生じるほどの過激な温度条件でも油脂の変敗はほとんど起こらない。しかし高温多湿では弱いながらも酸化が進むが、これは抗酸化剤の添加で抑制できる」といえる。
- 7 . DDGSは油脂含量が10%から13%と高いが、本試験の結果、油脂変敗は生じ難く、一般の保存条件では栄養的価値の低下し難い原料であると考えられた。

[参考資料]

表6 (試験) 週ごとの臭いの処理間比較

	N23	H40	H40E	H60
1週	1.3	3.2	2	3.5
2週	1.2	2.3	2.5	4
4週	1.4	2.4	2.4	3.8
6週	1	2.8	2.4	3.8
8週	1.7	2.3	2.2	3.8

サンプリングごとに行った週別の区間差の順位付評価による

平均順位値(最も弱い; 1、最も強い; 4)(図2)

表7 (試験) 処理ごとの臭いの経時比較

	1	2	4	6	8
H40E	0	1.3	2.5	2.8	3.3
H40	0.7	2.2	2.3	2.2	2.7
H60	0	1.3	1.7	3.7	3.3

終了時(8週間後)に行った処理ごとの経時的変化の順位評価による

平均順位値(最も弱い; 0、最も強い; 4)

表8 (試験) 色差計による色の測定値

L 値 (明度)	区	保存期間(週)					
		0	1	2	4	6	8
	N23	50.87	50.48	50.14	50.17	50.84	49.96
H40	50.87	50.75	50.75	50.51	49.75	49.76	
H40E	50.87	50.32	49.82	49.88	49.81	49.33	
H60	50.87	46.25	45.44	42.33	39.74	37.73	

a 値 (赤色度)	区	0	1	2	4	6	8
	N23	9.14	9.16	9.28	9.32	9.43	9.66
	H40	9.14	9.48	9.53	9.70	10.03	9.96
	H40E	9.14	9.37	9.67	9.86	9.85	9.99
	H60	9.14	11.42	11.45	12.73	12.89	12.88

b 値 (黄色度)		0	1	2	4	6	8
	N23	25.03	24.96	24.69	24.92	25.19	24.87
	H40	25.03	25.03	24.82	24.82	24.25	24.12
	H40E	25.03	24.73	24.72	24.50	24.33	23.95
	H60	25.03	22.88	22.11	20.46	18.85	17.84

表9 (試験)水分含量(%)

週	N23	H40	H40E	H60
0	10.3	10.3	10.3	10.3
1	9.9	6.6	6.3	4.3
2	11.1	6.9	6.5	4.6
4	10.3	6.5	6.3	4.9
8	10.8	6.6	6.7	4.6

表10 (試験)AV(酸価)

週	0	1	2	4	6	8
N23	17.7	17.7	16.3	17.5	18.0	18.0
H40	17.7	17.3	16.9	13.5	15.6	17.6
H40E	17.7	17.4	16.7	16.1	17.9	16.6
H60	17.7	17.0	16.0	13.9	16.3	16.4

表11 (試験)POV (meq/kg)

週	0	1	2	4	6	8
N23	1.0 以下	2.7	1.1	1.0	0.8	2.1
H40	1.0 以下	1.6	1.0	3.6	4.3	2.9
H40E	1.0 以下	2.9	2.1	2.2	3.0	1.9
H60	1.0 以下	3.1	1.8	1.6	1.0	2.3

表12 (試験)水分含量(%)

区	保存期間(週)			
	0	1	2	4
HH40	10.3	17.3	19.9	23.6
HH40E	10.3	18.8	21.3	24.0

表13 (試験)AV(酸価)

週	0	1	2	4
HH40	17.7	19.3	17.6	18.8
HH40E	17.7	20.1	18.5	19.4

表14 (試験)POV (meq/kg)

週	0	1	2	4
HH40	1.0 以下	1.0	3.7	4.3
HH40E	1.0 以下	1.6	1.3	2.2

[第三部]

DDGS(トウモロコシ蒸留粕)の栄養成分と 消化性のばらつきに関する試験報告書

日本獣医畜産大学
動物栄養学研究室

. 目的

飼料用の穀物やその他の原料は、その外観上の違いが栄養成分やその利用性などと、どのように関係しているかを承知して取引がなされるのが一般的である。DDGS について、栄養成分や各種動物に対する栄養評価試験は多く報告されており、またその栄養成分のばらつきについてはいくつかのメーカーやミネソタ大学から発表されている。しかし現状は DDGS の外観と栄養成分やその消化性などの相互関係を検討した報告が極めて少なく、購入時の栄養的な価値判断の指標が確立されていない状況である。

そこで、各種 DDGS の栄養成分と消化性を分析し、それらのばらつきを検討した。また色、におい、形状など、人が外観的に確認できる DDGS の価値判断項目として、客観的な数値化が比較的容易な色に注目し、色と栄養成分との関係、色と消化性との関係について分析検討した。

. 方法

1 . 供試試料

アメリカ穀物協会日本事務所がアメリカで収集し、一般 5 成分および総エネルギーを測定した新製法による DDGS の 20 サンプル、およびこれとは別に同事務所から入手した色の濃い旧製法によると思われる DDGS の 2 サンプル、合計 22 サンプルを供試した。それらの一般 5 成分および総エネルギーは表 1 のとおりであった。

表 1 供試 DDGS の成分および総エネルギー

試料番号	水分	粗蛋白質	粗脂肪	可溶性無窒素物	粗繊維	粗灰分	総エネルギー
1	9.4	28.1	12.0	39.5	7.1	4.0	5.00
2	12.3	25.9	12.3	36.1	7.0	5.0	4.91
3	11.0	30.0	13.1	35.7	6.6	4.1	4.92
4	13.1	26.5	13.0	36.7	6.8	4.1	4.93
5	9.9	25.8	11.7	37.2	6.5	3.6	4.98

6	11.4	25.9	10.7	43.1	6.6	3.9	4.86
7	10.0	27.8	11.8	36.9	7.5	4.6	4.88
8	12.1	27.3	12.4	37.9	7.3	4.1	4.90
9	9.1	28.6	10.5	41.2	6.1	4.4	4.76
10	12.3	26.0	12.4	39.2	6.8	4.3	4.92
11	11.1	29.5	11.7	36.0	6.8	3.7	4.90
12	12.8	26.4	11.8	38.5	8.4	3.5	5.01
13	8.4	29.0	12.7	38.2	6.5	4.4	5.00
14	13.1	26.7	12.0	39.8	6.8	3.7	4.99
15	9.8	28.2	12.5	36.9	6.7	4.1	4.90
16	14.0	23.8	13.5	39.0	6.0	4.0	4.98
17	9.7	28.5	11.9	38.7	8.0	3.4	4.99
18	12.3	25.5	12.4	38.6	6.8	4.0	4.90
19	12.7	29.1	12.3	38.8	6.9	4.2	4.85
20	13.1	27.4	11.6	37.2	6.7	3.9	4.96
21	10.5	29.8	9.9	39.1	6.5	4.2	4.51
22	10.4	22.3	2.9	51.3	7.9	5.2	4.23
1~20 平均	11.4	27.3	12.1	38.3	6.9	4.1	4.93
標準偏差	1.6	1.6	0.7	1.8	0.6	0.4	0.06
変動係数(%)	14	6	6	5	8	9	1
21、22 平均	10.5	26.1	6.4	45.2	7.2	4.7	4.37

1~20：日本科学飼料協会研究所分析

(単位：%、Mcal/kg)

21、22：日本獣医畜産大学動物栄養学研究室分析

2. 試験期間

2003年10月～2004年4月

3. 試験場所

日本獣医畜産大学 動物栄養学研究室（東京）

4. 測定項目

DDGSの視察明度

パネルー5名でDDGSの明度を肉眼的に順位付けし、最も明るいものをスコア1、最も暗いものをスコア22とした。このスコアを視察明度と称することとした。

色差計による色調の測定

色差計で各サンプルのL値(明度)、a値(赤色度)、b値(黄色度)を測定した。

水溶性窒素および水溶性乾物重

窒素および乾物の消化性の高さを示す指標として、サンプルを20度の水に12時間浸漬した時の水溶性区分の窒素、および乾物重量を測定した。

人工第1胃法による醗酵パターン

牛による消化性の指標として牛人工第1胃醗酵試験(乳牛の第1胃液による実験室内消化試験。第1胃内微生物により、サンプルが分解される)で、DDGSの分解程度に応じて発生するガス発生量を経時的に測定した。

人工第1胃法による乾物消化率

上記人工第1胃醗酵試験による10時間後の乾物消化率(インビトロ乾物消化率:IVDMD)を測定した。

5. 相互関係の分析

上記5項目の相互関係を検討し、DDGSの色と分析栄養成分、消化性との関連性を直線回帰分析により調べた。

. 結果と考察

1. 一般6成分と総エネルギー

供試した22サンプルの一般6成分と総エネルギーの分析値および標準偏差と変動係数を表1に示した。新製法の20点についてみると、水分の変動係数が14%で大きかったが、その他の成分では10%以下であり、サンプル間あるいはメーカー間による各成分値のばらつきは比較的小さかった。一般の飼料穀物や副産物の変動係数が10%を越すものが多いことから、DDGSは成分のばらつきがやや小さいものといえる。

サンプル21、22は外観上色が濃く、粗脂肪含量が他の20サンプルよりも少なく、それに伴って総エネルギーも低かった。これらの分析値は旧製法と新製法のDDGSの特徴を示しているものと思われた。

2. DDGSの視察明度と色差測定値の関係

DDGSの色差計による明度(L値)、赤色度(a値)、黄色度(b値)の測定値を表2に示した。L値は54、a値は9、b値は24程度であり、これは肉眼的には明度が中程度で少々赤色を帯び黄色が強い色相である。測定項目中ではb値(黄色度)のばらつきが最も大きく、変動係数が15.8%であった。新製法DDGSの色の差は肉眼的には併置比較で判別できる程度であり、一般の肉眼的判別は困難であると思われた。

サンプル21、22は明らかに色が濃く、肉眼的に他の新製法DDGSと容易に判別され、L値は35、b値は14で他のサンプルと大きな差があった。

DDGSの視察明度と色差計による測定値の間には高い相関性があった。それらの関係を表3に示した。DDGSの赤色度が強く黄色度が弱いものを人は肉眼的に色が濃いと認知していることが示唆された。視察明度はL値との相関性が特に高く、(相関係数; -0.86、 $P < 0.001$)数値の統計的処理の上で、視察明度に代えてL値を用いることができることを示唆していた。

表2 DDGSの色差計による測定値

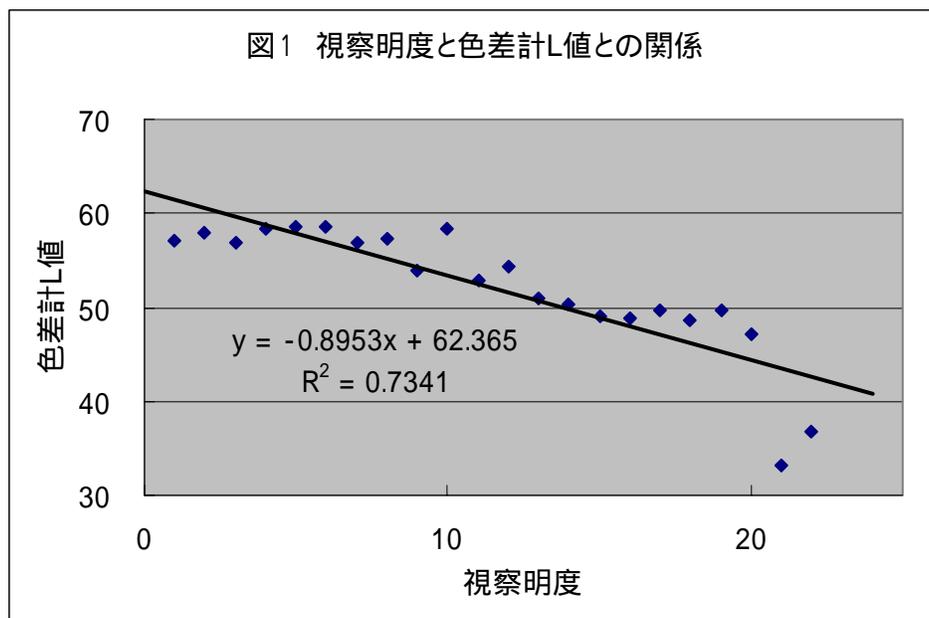
	L 値 (明度)	a 値 (赤色度)	b 値 (黄色度)
1~20 平均 ± 標準偏差 (変動係数; %)	53.78 ± 4.10 (7.6)	8.68 ± 1.14 (13.1)	24.24 ± 3.84 (15.8)
21、22 平均	35.01	9.10	14.20

表3 DDGSの視察明度と色差計測定値との相関係数

		視察明度	L 値(明度)	a 値(赤色度)	b 値(黄色度)
測定明度 (L 値)	r (相関係数)	-0.86		-0.51	0.82
	P(相関の有意性)	***		**	***
視察明度	r (相関係数)		-0.86	0.75	-0.78
	P(相関の有意性)		***	***	***

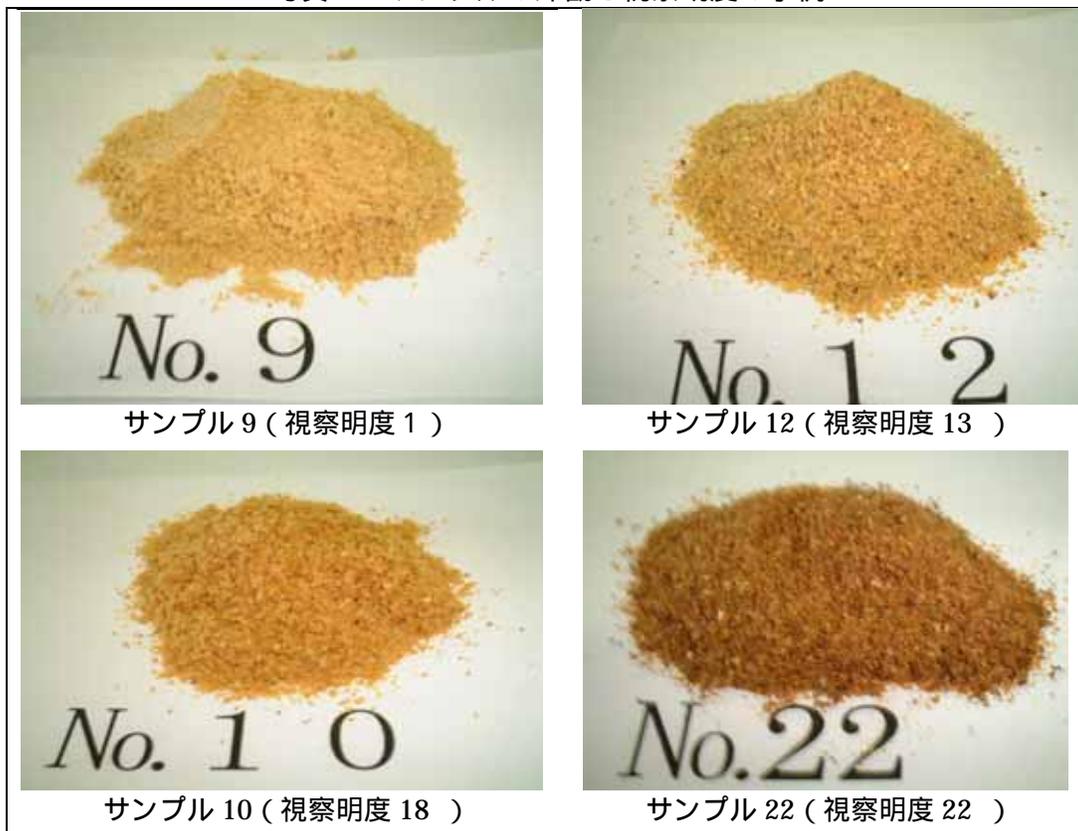
(*** ; P < 0.001, ** ; P < 0.01)

図1に視察明度と色差計L値との関係を示す。色の濃さの肉眼的順位付けと、機器測定値とは相関性が高いことが明らかである。右端の2点が肉眼的に明らかに異質な2サンプルである。



本試験で検討したサンプルの外観と視察明度の事例を写真 1 に示す。

写真 1 サンプルの外観と視察明度の事例



3. 水溶性物質および水溶性窒素含量

水溶性物質および水溶性窒素の含量を表 4 に示した。一般に水溶性物質は動物の消化管内で非常に良く消化されるので、DDGS の水溶性物質は可消化成分含量の指標とも考えられる。水溶性物質は DDGS に 23.4% 含まれ、その変動係数は 13.0% でやや大きかった。水溶性窒素は 388.9 mg/100 g であり、これは全窒素中の 8.9% に相当した。水溶性窒素のばらつきは非常に大きく変動係数が 50% であった。

旧製法によると思われる 2 点の平均水溶性物質含量は 33.1% であり、新製法によるサンプルよりもかなり多かった。またこの 2 点の水溶性窒素は 1287.3 mg/100 g で新製法の 3 倍以上であり、全窒素中の水溶性窒素割合の平均値は 30.1% であった。このように新旧製法では水溶性物質含量が大きく異なり、これらも製造方法による DDGS の特徴を示しているものと思われる。

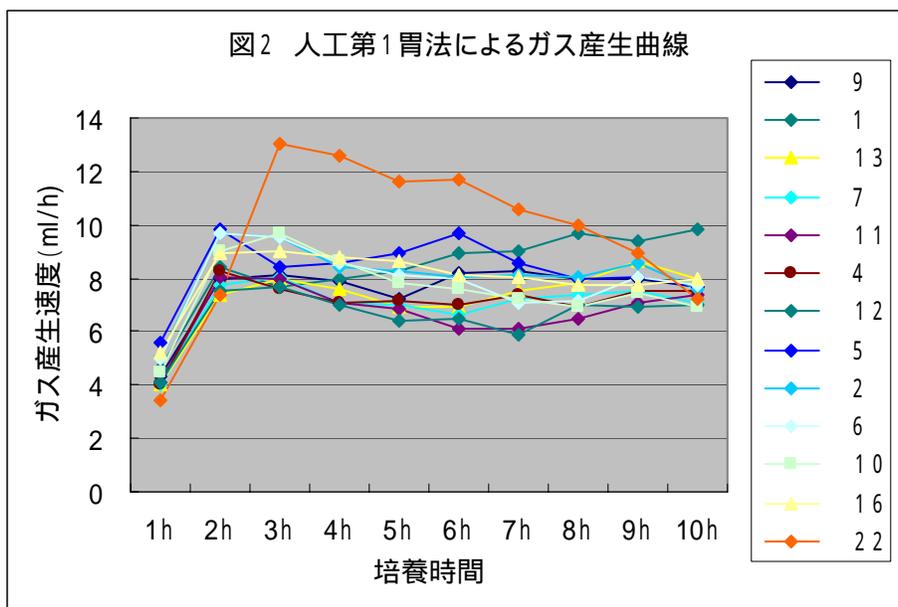
表4 水溶性物質および水溶性窒素含量*

	水溶性物質 (%)	水溶性窒素 (mg/100g)
1~20 平均±標準偏差 (変動係数;%)	23.4±3.0 (13.0)	388.9±196.1 (50.0)
21、22 平均	33.1	1287.3

(* いずれも乾物中の含量)

4. 人工第1胃法による醗酵パターン

牛人工第1胃法による、経時的ガス産生量の変化をガス産生曲線として図2に示した。この曲線はサンプルの栄養成分が、第1胃内微生物によってどの時間帯にどの程度消化されるかという醗酵パターンを示しており、使用するサンプルの消化量やその速さなどの消化特性を示すものである。DDGSは全般になだらかな曲線を示し、徐々に長時間にわたって消化される飼料である事が示され、サンプル間では醗酵パターンに大きな違いがなかった。しかし、旧製法によると思われるサンプル22は、全般にガス産生量が多く3時間後にそのピークを示す特異的な醗酵パターンを示した。



5. 人工第1胃法による乾物消化率 (IVDMD)

牛人工第1胃法による10時間後のIVDMDを表5に示す。DDGSの乾物消化率は25.5%であり、そのばらつきは18%であった。旧製法と思われるもののIVDMDは38.2%となり、新製法によるものよりもかなり高かった。これは水溶性物質の差によるものと推察される。新製法のDDGSは脂肪が多く可溶性物質が少ないため、第1胃内よりも小腸など下部の消化管で多く消化される特性があることを示唆している。

表5 乾物消化率(IVDMD)

サンプル	IVDMD (%)
1	23.1
2	29.8
4	24.8
5	30.3
6	27.4
7	20.5
9	23.1
10	25.7
11	22.1
12	25.1
13	25.0
16	28.7
21	38.1
22	38.3
新製法平均 ± 標準偏差 (変動係数)	25.5 ± 4.6 (18.0)
21、22 平均	38.2

(10時間人工第1胃法による)

このように新旧製法では第1胃内での乾物消化率が異なり、これらも製造方法の差による DDGS の特徴を示しているものと思われる。

色と栄養成分、消化性との相関

1. 外観(色)と成分との相関

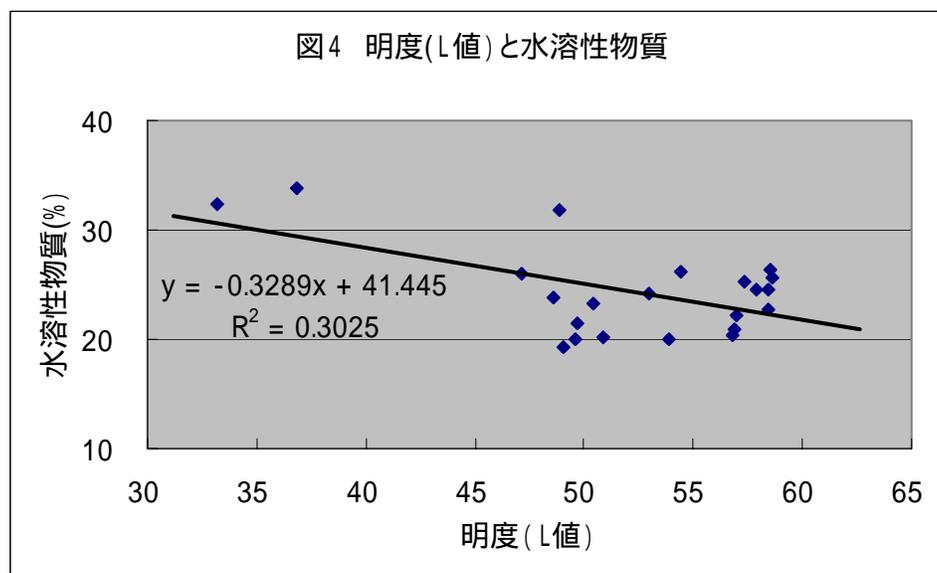
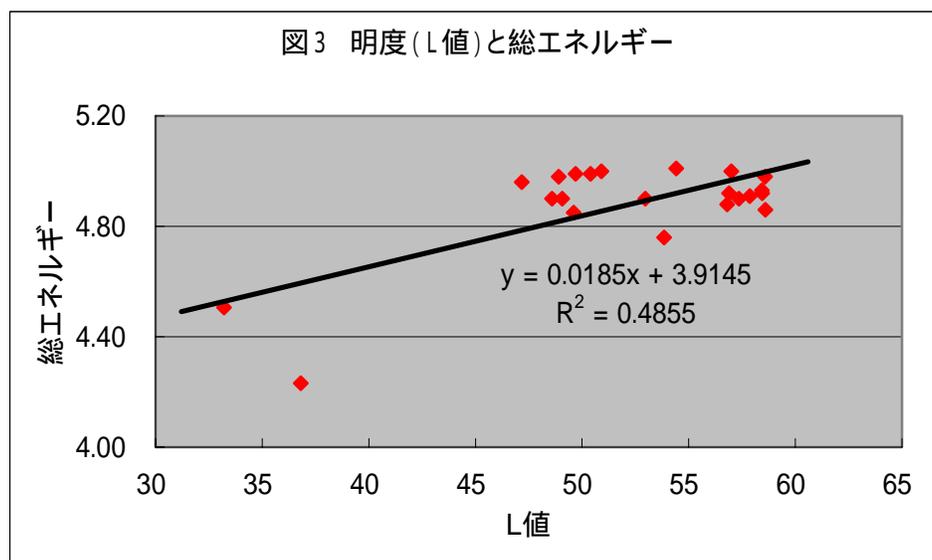
外観、とくに色と栄養成分との相関を求めた結果の中で、色差計明度、または視察明度のいずれか一方でも有意差のあったものについて、相関係数を表6に示した。色差計の測定明度の高いものは、脂肪含量が高く、総エネルギーが高かった。また水溶性物質と水溶性窒素含量が低かった。視察明度の高い(色の濃い)DDGS は総エネルギーが低く、水溶性物質含量が高かった。

表6 DDGS の明度と栄養成分との相関係数

		粗脂肪	総エネルギー	水溶性物質	水溶性窒素
測定明度(L値)	r(相関係数)	0.58	0.70	-0.55	-0.54
	P(相関の有意性)	**	***	**	**
視察明度	r(相関係数)	-0.34	-0.41	0.79	0.36
	P(相関の有意性)	NS	*	***	NS

(***; P<0.001, **; P<0.01, *; P<0.05, NS;有意差なし)

図3、図4に明度(L値)と総エネルギー、および明度(L値)と水溶性物質の相関図を示した。両図で示されるように明度の低い2サンプル(図左端の2点)を除き新製法の20サンプルでは、明度の違いと総エネルギー、水溶性物質の含量との関係は明確でなく、とくに明らかに色の黒いものでなければこれらの栄養成分に差があるとはいえないと考えられる。粗脂肪含量との関係についても同様であった。たん白質やデンプン、繊維など他の成分では色との有意な相関はみられなかった。



2. 外観（色）と消化性との相関

色と牛人工第1胃消化性に関する相関係数を表7に示した。色差計L値の高いものでは全般にガス産生量が少なく、10時間の全ガス産生量は有意に（ $P < 0.05$ ）少なかった。また牛第1胃内消化率を示す10時間の乾物消化率は有意に（ $P < 0.01$ ）低かった。視察明度では色の暗いもので消化初期のガス産生量と乾物消化率が有意に（ $P < 0.05$ ）高かった。測定明度、視察明度に共通して相関性があったのは乾物消化率で、色の暗いもので高かった。

表7 DDGSの明度と消化性との相関係数

		前半4時間 ガス産生量	後半4時間 ガス産生量	10時間 ガス産生量	乾物消化率
測定明度（L値）	r（相関係数）	-0.12	-0.54	-0.40	-0.72
	P（相関の有意性）	NS	*	NS	**
視察明度	r（相関係数）	0.61	0.10	0.43	0.66
	P（相関の有意性）	*	NS	NS	*

（**； $P < 0.01$ ，*； $P < 0.05$ ，NS；有意差なし）

新製法サンプル20点のうち、視覚明度による明るい上位4サンプルと暗い下位4サンプルは肉眼的に容易に明るさの差が認められた。これらを用いて人工第1胃試験を行い、経時的ガス産生量の平均値で得られたガス産生曲線を表5に示した。暗いサンプルでは醗酵初期のガス産生量が明らかに高かった。とくに醗酵2、3、4時間後ではそれが著しかった（ $P < 0.001$ ）。これは新製法によるDDGSでも視覚明度の差で肉眼的に判定できるものでは、牛の第1胃内での醗酵状況に差が出ることを示唆している。

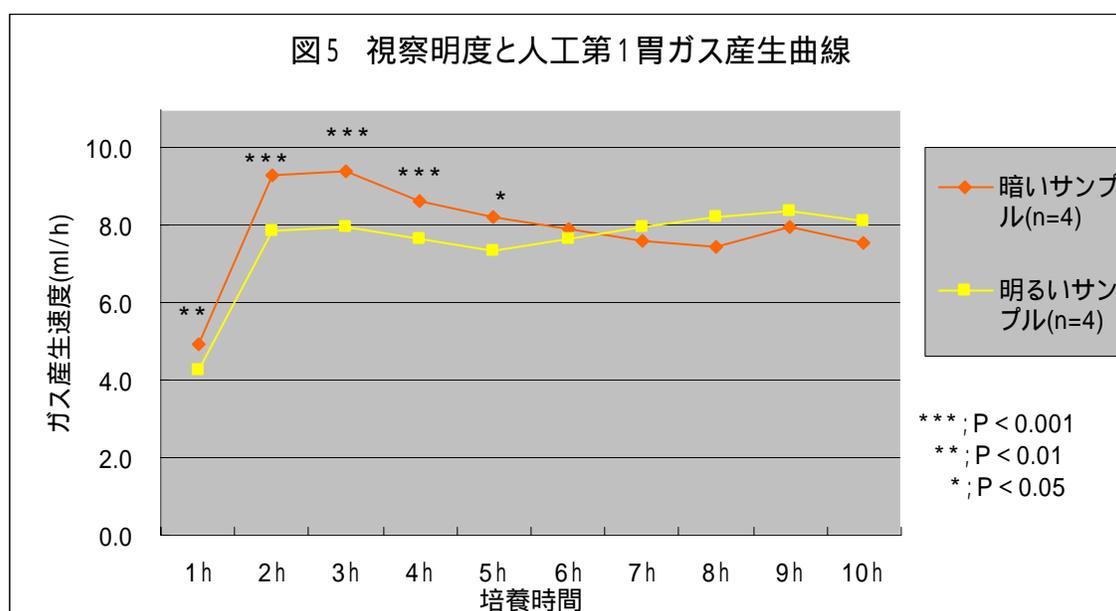
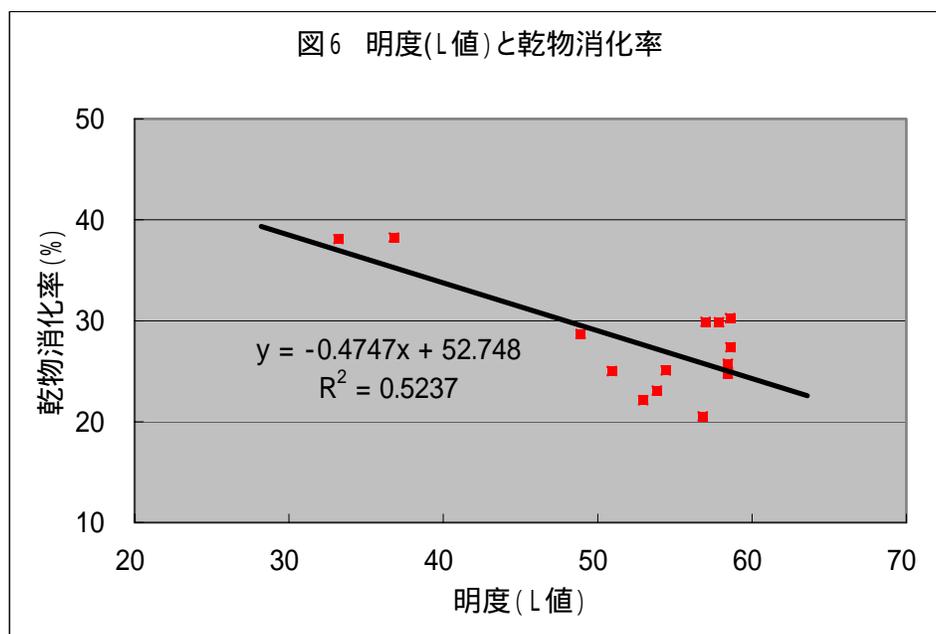


図6に人工第1胃法で10時間培養した時の乾物消化率と色差計明度(L値)との相関を示した。色差計明度は明らかに($P < 0.01$)乾物消化率と相関性があった。しかし外観上明らかに色の濃いサンプル21、22(図の左端2点)を除いた新製法のDDGSでは図で見られるとおり、明度と乾物消化率の関連性は低かった。このように極端に色の濃いものでないものについては、乾物消化率に大きな差はないとみなしてよいと考えられる。



．まとめ

- 1．本試験は日本獣医畜産大学（東京）動物栄養学研究室で実施した。
- 2．新製法による DDGS の 20 サンプルについて、一般 6 成分、総エネルギー、水溶性物質、水溶性たん白質を分析するとともに、色差計による色相の測定、肉眼による視察明度の測定を行った。さらに牛における消化性の指標として牛第 1 胃液を用いた人工第 1 胃醗酵試験により、第 1 胃内での消化パターンと乾物消化率を測定した。
- 3．これらの栄養成分や消化の指標について、ばらつきを分析するとともに色が明らかに濃い旧製法と思われる他の 2 サンプルとの比較も行った。
- 4．DDGS の外観による栄養価値推定のために、色とこれらの栄養成分、消化性指標との相関関係を分析した。
- 5．新製法による色の明るい DDGS の一般 6 成分は、水分以外はすべて変動係数が 10% 以下で成分のばらつきが小さいといえる。
- 6．水溶性物質は約 23% 含まれており、比較的成分のばらつきが大きく変動係数は 15% 程度であった。水溶性窒素は全窒素中の約 9% であったが、このばらつきはさらに大きく変動係数で 50% であった。
- 7．人工第 1 胃試験で全般になだらかなガス産生曲線を示し、サンプル間では醗酵パターンに大きな違いがなく、DDGS は長時間にわたって安定的に消化されるタイプの飼料である事が明らかになった。
- 8．色差計の測定明度の高いものは、脂肪含量が高く、総エネルギーが高く、また水溶性物質と水溶性窒素含量が低かった。視察明度の高い(色の濃い)DDGS は総エネルギーが低く、水溶性物質含量が高かった。新製法の 20 サンプルは測定明度が高く、肉眼的に色の差が比較的小さくこれら栄養成分や消化性との相関性は低かった。
- 9．色の濃い特異的な 2 サンプルは、可溶性無窒素物が多かったが粗脂肪含量が少なく、このため総エネルギー含量が低かった。また水溶性物質が多く、とくに水溶性窒素含量が高かった。人工第 1 胃試験では、全般にガス産生量が多く 3 時間後にそのピークを示す特異的な醗酵パターンを示した。
- 10．以上より、新製法 DDGS の成分のばらつきは一般の穀物や副産物よりもやや小さく、品質上は安定した原料であると考えられる。

以上