

新たな飼料資源(とうもろこしDDGS)の成分分析等の 結果について

(平成21年度 国産飼料資源活用促進総合対策事業のうち
未活用・低利用資源の飼料化促進事業のとりまとめ)

平成22年3月

社団法人 中 央 畜 産 会

はしがき

現在、我が国の畜産経営は、飼料原料の多くを輸入に依存している。特に濃厚飼料は、原料の約9割が海外から輸入されている状況にあり、平成18年10月以来高騰したトウモロコシ等の穀物相場の影響により配合飼料価格が上昇し、畜産経営を大きく圧迫しています。

これらを背景に、我が国では、エコフィード（食品残さ利用飼料）や飼料米等の利用拡大・定着による自給可能な国産飼料の一層の生産・利用拡大とともに、飼料原料の輸出国の多元化や代替え原料の利用による安定供給の確保が課題となっています。

このような中、トウモロコシの穀物相場に影響を及ぼしたとされるバイオエタノールを生産する際に副産物として発生する蒸留粕（Distiller's Dried Grains With Solubles）が、新たな飼料原料として注目されてきたことから、社団法人中央畜産会では未活用等資源利用検討委員会を設置し、平成19年度から平成21年度までの3年間、我が国におけるDDGSの飼料原料としての利用の可能性について検討を行ってまいりました。

本書は、配合飼料メーカー等が輸入した米国産のトウモロコシDDGSを中心に、社団法人日本科学飼料協会による一般成分及び有害物質等の分析並びに日本獣医生命科学大学及び日本大学による家畜への給与実証試験の結果について取りまとめるとともに、本検討委員会委員に我が国におけるDDGSの輸入及び利活用の実態について著述頂いたものです。

本書が、配合飼料メーカーのみならず畜産の現場で幅広く活用され、DDGSの利用促進のために、ご利用頂ければ幸いです。

本事業は、独立行政法人農畜産業振興機構の公募型事業である国産飼料資源活用促進事業のうち、未活用・低利用資源の飼料化促進により実施されました。検討委員会では、木村信熙氏（日本獣医生命科学大学）をはじめ、各委員から貴重なご意見、情報等をいただきました。この紙面を借りまして厚く御礼申し上げます。

平成22年3月

社団法人 中央畜産会

目 次

1. 海外及び日本におけるDDGS使用実態	1
三菱商事株式会社農水産本部 飼料畜産ユニット 飼料チーム 川俣 満郎	
2. DDGSの国内での利用について	4
協同飼料株式会社 資材部 大谷 真雄	
3. 反芻家畜におけるバイオエタノール製造副産物（DDGS）利用性の変動とその 影響要因の解明	6
日本大学生物資源科学部 梶川 博	
4. 発生工場の異なるDDGSの豚および鶏についてのエネルギー価変動に関する 研究	30
日本大学生物資源科学部 佐伯真魚	
5. DDGS給与がホルスタイン種、エアシャー種、ジャージー種のルーメン内容物、乳量、 乳成分、乳中脂肪酸組成の品種間差及び給与に伴う経時的変化に及ぼす影響。	38
日本獣医生命科学大学 木村信熙	
6. 早期出荷のホルスタイン去勢肥育牛の肥育後期DDGS給与が産肉形質に及ぼす影響	50
7. 肥育後期DDGS給与がホルスタイン去勢肥育牛の産肉形質及びその経時的変化の及ぼす 影響	62
8. 黒毛和種雌肥育牛の肥育後期DDGS給与が産肉形質に及ぼす影響	76
9. DDGSの一般成分及び有害物質等の分析調査（平成19年度～21年度）	82
社団法人日本科学飼料協会 米持千里	
10. DDGSの給与が黒毛和種去勢牛の肥育に及ぼす影響	101
全農飼料畜産中央研究所 研究開発部 笠間乳肉牛研究所	
11. DDGSの給与が交雑種去勢牛の肥育に及ぼす影響	103
全農飼料畜産中央研究所 研究開発部 笠間乳肉牛研究所	
(参考) 未活用等資源利用検討委員会委員名簿	106

海外及び日本における DDGS 使用実態

三菱商事株式会社

農水産本部 飼料畜産ユニット 飼料チーム

川俣 満郎

(1) 米国及び海外動向

現在の米国の再生可能燃料基準(Renewable Fuels Standard : RFS) では、再生可能燃料の義務使用量は 2022 年までに 360 億ガロン、このうちコーン系エタノールを中心とした“従来型バイオ燃料”は 2015 年までに 150 億ガロンが義務化されています。昨年 12 月 1 日が期限とされていたガソリンへのエタノール混合比率の上限引き上げについては環境保護庁(EPA)が先送りするなど全てが追い風とはなっていませんが、エタノール生産量は 2001 年 17 億 7 千ガロンから 2009 年には 106 億ガロン(RFA の本年 1 月時点の推定値)まで順調に推移しています。

これに比例して DDGS の発生量も増えており、2001 年には 500 万トに満たなかったものが、(数字が確定しておらず推定値ではあるが)2009 年には 3,000 万ト程度まで増加しています(図 1 参照)。“従来型バイオ燃料”の全てがトウモロコシ由来とは限りませんが、仮に 150 億ガロンの全てがトウモロコシ由来として換算すると理論上、DDGS の発生量は 4,400 万トになり、今後もエタノールの増産と共に発生量の更なる増加が見込まれます。

畜種別の使用量は乳牛 39%、肉牛 38%とその殆どが牛用であることはここ数年から変わりはないものの、学術研究なども充実してきたこともあり昨今では一部の大手インテグレータでの給仕も開始されているように米国東部での家禽類への増加も見られるようです。

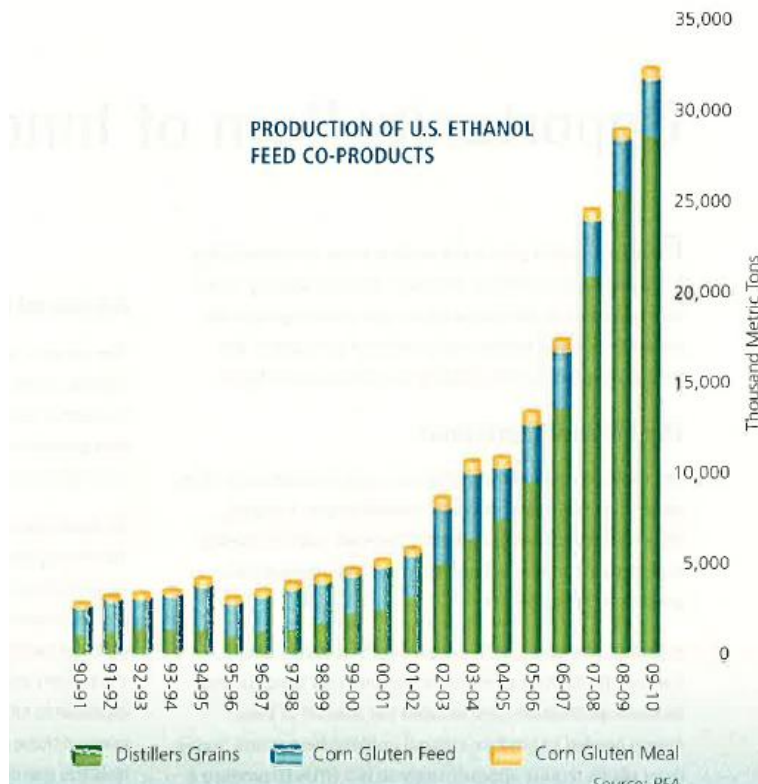


図 1

輸出については、物流面での問題や品質のバラツキといった課題も多かったが、畜種別の学術研究やサプライヤーなどの啓蒙活動も功を奏し米国外でも認知度をあげ、現在では飼料原料としての地位を築いています。米国農務省の輸出統計(FAS)によれば2004年には79万ト、弱であった総輸出量も年々増加し、昨年には564万トとこの6年間で8倍にまで達しています(表1参照)。

表1 米国からのDDGS輸出量推移

Partner	2004 Qty	2005 Qty	2006 Qty	2007 Qty	2008 Qty	2009 Qty
Grand Total	787,706	1,069,211	1,253,653	2,358,248	4,532,352	5,640,901
Mexico	66,894	128,271	367,386	708,216	1,188,766	1,458,908
Canada	83,984	105,929	123,022	318,864	793,947	803,674
China	54	0	0	1,150	8,505	542,299
Turkey	0	216	416	136,519	465,212	377,707
Thailand	10	12,802	38,140	59,346	183,611	297,560
Korea, South	625	4,843	24,587	102,529	184,723	270,603
Vietnam	633	19,869	17,979	58,260	117,248	254,379
Japan	0	2,824	45,248	83,586	198,014	221,800
Indonesia	11,516	46,523	43,764	69,099	118,002	199,423
Taiwan	7,431	42,249	92,824	134,404	189,451	185,894
Cuba	0	10,043	0	84,646	106,080	130,297
Israel(*)	6,366	47,935	17,668	62,315	195,045	141,891
Philippines	958	11,758	62,465	79,153	113,017	105,530
Costa Rica	6,600	0	10,432	15,149	93,527	93,677
Egypt	0	0	0	0	42,901	79,415
Ireland	185,007	206,222	145,225	75,711	86,926	77,488
Morocco	0	5,499	27,858	46,246	80,936	64,265
Colombia	3,849	2,565	4,945	12,440	44,188	55,696
Guatemala	3,998	0	4,970	3,500	39,609	47,483
Malaysia	12,475	34,410	29,970	39,576	57,659	33,654
Others	397,306	387,253	196,754	267,539	224,985	199,258

UNIT:MT

DATA:USDA Foreign Agricultural Service

(2) 日本国内の状況

当初は、工場の違いによる色や粒度などのバラツキからユーザーにとっては使いづらいという声も多く聞かれたが、昨今では産地工場サイドでも品質改善が進み同質のものが安定して供給されるようになりました。同時にユーザーサイドでのDDGSに対する研究も進んだことにより、日本は有数の輸入国となっています。

表2の輸入量の推移の通り、2004年には5,355トであったものが2009年には248,991トに達し、遂に日本の配合飼料生産量に対して1%を占める原料となりました。日本でも流通当初は米国と同様に牛用の用途が多かったが、この2、3年の間に各ユーザー毎のDDGSの研究が進み、各々のDDGSに対する評価も確立しつつあることから他の畜種への使用も進んでいます。実際に輸入量も2007年の10万トに対し2008年に

は 21 万トと倍増したのに加え、その割合も 2007 年時点までは総輸入量の半数以上を酪農の割合の高い北海道が占めていたのに対し 2009 年には北海道向けの割合が 32% となっており、用途が多様化して来ていることが見てとれます。

表 2 米国産 DDGS 輸入量推移

2005	2006	2007	2008	2009
5,355	43,589	105,779	216,449	248,991

単位:MT

※通関統計より「醸造・蒸留の際に生ずる粕」の米国産を抜粋。DDGSのほかビール粕等を含む。

また、流通当初は需要も少なくコンテナでの物流が中心であったことから、バルク船に比べて供給が不安定でかつハンドリングコストも割高であるといわれていました。しかしながら、各ユーザーの研究が進み評価が確立し始めた 2006～2007 年頃からは需要も増加し、結果としてバルク輸送が可能となりました。現在では全体の 6 割前後がバルク船での輸送であると予想されます。

このように使用量の増加が後押しとなってバルク輸送が可能となったが、保管形態は依然として平倉庫が中心であり、使用量の増加と相反するように保管スペースの確保には依然として課題が残っています。

当初、DDGS は物性面や物流面での課題が多く原料としての定着に疑問を呈する声もありました。しかしながら、こういった問題はどの原料においても当初はあったものであり、日本のみならず世界全体での圧倒的な使用量増加に見られるように、製造者からユーザーまでの密なコミュニケーションと叡智の結集により課題を一つ一つ克服し、現在では確固とした飼料原料の地位を築いております(2010 年 4 月には CHICAGO BOARD OF TRADE に上場予定)。

物流面や安全面ではまだ解決すべき課題はあるものの、2015 年に 150 億ガロンという義務量を見据えると DDGS は発生量でも大きなポテンシャルを有しています。歴史の浅い商品であることから今後も課題が発生することは予想されますが、今後も関係者間でのコミュニケーションを密にしメリット・デメリットを適正に評価し前進していくことで、一層の伸長が期待できる原料であります。

DDGS の国内での利用について

協同飼料株式会社 資材部

<米国からの DDGS 輸入状況>

2007 年に米国で再生可能燃料基準が法律で義務づけられ、エタノール産業が急激に躍進しました。日本への DDGS 輸入も、2007 年前後から始まりました。その後 2008 年からの穀物価格の高騰もあり、DDGS が日本国内で注目され輸入量使用量共に 2007 年以降も増加を継続しています。

DDGS 品質はエタノール工場毎にミバと品質に差異があり、使用に際しては、一定の品質が条件となることから膨大な DDGS サンプルを評価して、米国内工場を指定して品質のいい DDGS を輸入し始めました。

米国エタノール/DDGS 生産量及び輸出数量推移

	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年(1 月-10 月)
エタノール生産量(単位:億ガロン)	49	65	94	105
DDGS 生産量(単位:百万トン)	16	18	22	25
DDGS 輸出量(単位:百万トン)	1.3	2.4	4.5	4.7
日本への輸入量(単位:万トン)	4.5	8.3	19.8	18.6

<日本での DDGS 使用状況>

日本での DDGS 使用は米国エタノール生産向け需要の増加に伴いとうもろこし価格高騰時期から急増致しました。2006 年には、年間輸入量が 4.5 万 t ですが、2007 年は 8.3 万 t、2008 年は 19.8t、2009 年には、24 万トン程度まで増加する見込みです。

日本までの輸入方法としては、約 60%が BULK 本船、約 40%がコンテナの物流となっています。使用する工場が全国で複数あり、また輸入商社自体 BULK 本船を仕立てるほど数量が集まっていないため、今後もこのデリバリー方法が継続すると思われます。日本到着後は、主に営業倉庫にバラ積保管されます。DDGS の物性状、油分含量が高く、サイロ保管だと頻繁に固結するため、サイロ保管は好まれません。そのため、営業倉庫でのバラ積保管となります。

<DDGS 栄養評価>

現在、米国で製造されている DDGS はとうもろこしを粉碎発酵処理するドライミリング方式で精製されます。とうもろこしのでんぷんの大部分は燃料用エタノールへ転換され、残余部分がジスチラーズ・グレイン(Distillers Grain: DG)と呼ばれる副産物になり、その後 DG は乾燥工程で乾燥され(Dried DG: DDG)、水分を蒸発させた際に残留するたんぱく質を含むシロップを DDG に添加され DDGS が発生します(DDG with Solubles: DDGS)。

DDGS は原材料区分では糟糠類に分類され、栄養評価についてみると、とうもろこし対比、

粗蛋白質が3倍以上、エネルギー(TDN)含量は同等やそれ以上、粗脂肪(C.FAT)含量が高く澱粉含量が少ないのが特徴。グルテンフィード対比では、粗繊維(C.FIB)含量がほぼ同等です。高蛋白質、高繊維質、高脂肪であることが特徴です。各畜種ともに有効な蛋白質、エネルギー源として利用が可能です。

DDGS 成分比較(日本標準飼料成分表 2001 年版より抜粋)

	MOI.	CP	C.FAT	C.FIB	C.ASH	TDN (豚)	TDN (牛)	TDN (鶏)	Ca	P	Met	Lys
DDGS	12.3	26.8	11.7	6.6	4.9	78.6	84.0	2,900	0.04	0.81	0.74	0.85
CORN	13.5	8.0	3.8	1.7	1.3	81.0	79.9	3,270	0.33	0.31	0.20	0.27
グルテン フィード	11.1	19.8	2.4	8.2	5.4	57.9	73.5	1,910	0.25	1.00	0.38	0.68
大豆粕	11.7	46.1	1.3	5.6	5.9	70.9	76.6	2,390	0.33	0.70	0.73	3.53

鶏豚牛3畜種に対して共通して言えることは、高たんぱく質源と高エネルギー源としてDDGSが利用可能ということです。畜種毎に言えば、鶏と豚ではリンの有効率が高く牛では、繊維源として注目される原料となります。

<今後 DDGS を使用するに当たっての課題>

年々、DDGS の使用量が増加していますが飼料原料としてはいくつかの課題も残っています。

- ・成分、物性、色など現地米国での生産工場によって差がある。
- ・物性状、保管中に固結しやすく取り扱いが困難。
- ・コンテナによる物流が40%を占め、物流コストが割高となる。
- ・カビ毒が濃縮される可能性がある。

DDGS は、成分を見ても良質な飼料原料として利用できますが上記のような課題もまだ残っています。今後 DDGS の更なる有効利用をするためには、物流や技術開発など様々な分野で改善が必要であると言えます。

課題名:反芻家畜におけるバイオエタノール製造副産物 (DDGS)利用性の変動とその影響要因の解明

日本大学生物資源科学部 梶川 博

要 約

現在国内で流通しているバイオエタノール製造粕(DDGS)は、繊維成分において飼料間に大きな変動がみられ、その変動は、原料トウモロコシ子実の成熟に伴うリグニン化や製造工程における蛋白質熱変性の差に由来すると考えられることから、飼料成分の特性と成分間の関連を解析することでその原因を検討した。国内で流通している DDGS 試料 27 点を用いて常法で、乾物、灰分、粗脂肪、NDF、ADF、粗繊維、酸性デタージェントリグニン(ADL)、CP、中性デタージェント不溶性 CP(NDICP)、酸性デタージェント不溶性 CP(ADICP)を測定し、NDF との相関関係を見た。NDF は ADL との間に有意な正の相関がみられたものの、NDICP や ADICP との間により高い正の相関が見られた。このことから、繊維成分の変動に大きな影響を与えているのは、製造工程での加熱処理に由来するメイラード反応の進展であることが示唆された。しかしインシチュ法で測定した DDGS の分解パラメータは、高 NDF 試料において、可溶性画分は低いものの、微生物によって分解可能な画分が高く、最終的な分解率は DDGS 試料間で差が見られなくなった。また分解速度は乾物、CPともに高 NDF 試料で高い傾向が見られ、DDGS においては繊維結合性蛋白質の分解性が決して低いものではないことが示された。そこで実際に動物を用いて繊維含量の異なる DDGS 間でどれだけ乾物・成分消化率および可消化養分総量(TDN)が異なるかを、全糞採取法を用いた消化試験により検討した。DDGS の給与割合としては採食可能で、且つルーメン発酵が大きく変わらない範囲にある 30%とという値を採用した。山羊を用いた消化試験では、予想に反して繊維含量の高い DDGS の方が高い TDN を示し、その原因として繊維消化率が高まったためと考えられる。試験に用いた DDGS 間には粒度分布に差が見られ、繊維消化率の高い DDGS は平均粒度が高く、ルーメンからの通過速度において低い値を示した。粒度が粗い試料はルーメン内の固形部(ルーメンマット)に取り込まれやすく、それが試料の滞留時間を長くして十分な消化を可能にするものと考えられた。このことは、DDGS の消化率および TDN 含量においては、繊維含量の差という化学的な特性よりも、試料の粒度といった物理的な特性により大きな影響を受けることが示唆された。牛を用いた DDGS の栄養価は、山羊よりも高い NDF 消化率を示したが、TDN に有意差を示すほどではなかった。

背景と目的

近年、原油価格の高騰や地球温暖化への対策として、再生可能な資源を利用した燃料用エタノールの生産が広がっている。しかし、バイオエタノール生産に伴う穀物需要の拡大は食糧価格のみならず家畜用飼料価格にも高騰を引き起こし、日本および世界の畜産経営に深刻な影響を与えている(OECD-FAO, 2007)。米国では主にトウモロコシを原料としたバイオエタノールが生産されているが、それに伴い製造副産物の DDGS (Distiller's Dried Grains with Solubles) も大量に生産されるようになった。DDGS は、穀物からアルコール類を蒸留したときの残余穀物に、発酵溶液を添加して乾燥した発酵副産物であり、一般にトウモロコシ DDGS を指す。そして、このバイオエタノール製造副産物の DDGS は、飼料用トウモロコシに代わる新たな飼料として、特に注目されている。トウモロコシの発酵副産物は、すでに日本標準飼料成分表などに飼料特性が記載されているが、それはトウモロコシを原料としたウイスキー粕を指しており、バイオエタノール製造副産物である DDGS とは製造工程や品質が異なるものである。そのため、バイオエタノール製造副産物である DDGS については、新たな飼料として、早急にその特性を解明することが求められている。

DDGS は、バイオエタノール製造工場の製造方法などの違いなどによって、成分や利用性にばらつきが生じることが報告されている (Pedersen et al 2007)。また国内で流通しているものに関しては繊維成分において製品間において大きな違いみられた。飼料中の繊維含量が高まると消化率が低下することから、その差は飼料のエネルギー利用性に影響を及ぼす可能性が懸念される。この繊維成分の変動は、原料トウモロコシの成熟に伴うリグノセルロースの増加や、製造過程における蛋白質熱変性の差に由来するものと考えられる (Hurrell & Finot 1985)。また反芻家畜用飼料のエネルギー成分(可消化養分総量: TDN)をはじめとした栄養価の評価は、コストの点から緬山羊を用いて維持量給与で求めたものがほとんどであるが、実際の生産家畜における利用性の検討はほとんど行われていない。さらに DDGS は成分的には繊維 (NDF) 含量が高いものの、物理性を含めた有効繊維としての評価も明らかとなっていない。

本事業では、1) DDGS 製品間で変動する繊維成分と高い相関を持つ成分を解析、2) 反芻胃(ルーメン)内における消化性の測定、3) 山羊を用いた繊維成分の異なる DDGS ロット間での消化性および TDN 含量の比較、4) 生産家畜である牛を用いて維持および生産状態における DDGS の消化性および TDN 含量の測定、5) DDGS の飼料としての物理的有効性および消化管内通過速度の測定、等を通じて消化・利用性の変動とその影響要因を解明すること

で、反芻動物における DDGS の総合的な飼料評価を行った。

試 験 方 法

飼料の成分分析

飼料成分の変動幅を見る目的で、2007 年にわが国で流通していたバイオエタノール製造粕 (DDGS) 27 点を分析した。これらの試料は (社) 科学飼料協会から提供された。試料の一般成分分析は常法に従った (農林水産省 1976、AOAC International 2000)。すなわち、水分は通風乾燥器で 105°C、3 時間乾燥して測定した。灰分は灰化炉で 600°C、2 時間灰化して測定した。粗脂肪はソックスレー抽出装置で 16 時間ジエチルエーテルで抽出して測定した。窒素はケルダール法で測定した。すなわち 72%濃硫酸を用いてブロックダイジェスターで試料を 420°C で高温分解した後、蒸留装置で蒸留し、硫酸規定液で滴定して定量した。粗蛋白質 (CP) は窒素に 6.25 を乗じて求めた。

繊維成分はアンコム社のファイバー・アナライザーを用いて測定した。すなわち中性デタージェント繊維 (NDF) はラウリル硫酸ナトリウムを主成分とする中性溶液を (Van Soest と Wine , 1967)、また酸性デタージェント繊維 (ADF) は臭化セチルトリメチルアンモニウムを主成分とする酸性溶液 (Van Soest, 1962) を用いて 100°C で 1 時間煮沸した残渣から求めた。残渣の分離にはポリエステルバッグを用い、油脂成分はアセトンで洗浄して除いた。NDF の分析には耐熱性 α -アミラーゼ処理を行ったが、亜硫酸ナトリウム処理は行わず、灰分補正も行っていない値として表した (Mertens 2002)。また粗繊維は 1.25%の硫酸および水酸化ナトリウムでそれぞれファイバー・アナライザー (A200, ANKOM Technology Corp., Fairport, NY, USA) を用いて 100°C で 30 分連続して煮沸した残渣から求めた (Vogelら 1999)。油脂成分はアセトンで洗浄して除いた。試料を含まないバックを用いた分析値をブランクとしてとった。

中性デタージェント不溶性粗蛋白質 (NDICP) および酸性デタージェント不溶性粗蛋白質 (ADICP) は、それぞれ NDF および ADF 残渣中の蛋白質をケルダール法により分析して求めたが、微量の消化残渣に関しては燃焼法を用いて行った (SUMIGRAPH NC-220F, 住化分析センター, 大坂) (AOAC International 2000)。酸性デタージェントリグニン (ADL) は ADF 残渣を 72%硫酸で室温にて 4 時間処理した残渣から求めた (Van Soest, 1962)。TDN 含量は米 NRC 飼養標準 (乳牛 2001) に基づいて推定した。

ルーメン内における消化および発酵性の測定

試料のルーメン内消化性をインシチュ法で測定した(Nocek 1988)。すなわちルーメンフィステル装着ホルスタイン雌乾乳牛のルーメン内に試料各 5g(風乾重)を秤量したポリエステルバッグ(#R1020, polyester, 10cm x 20cm, 50±15 μm pore size, ANKOM Technology Corp., Fairport, NY, USA)を経時的に投入した。試料は繊維含量の異なる DDGS 6 点を選び出して用いた。分解時間は 2、4、8、12、24、48、72 時間とし、ルーメン内から取り出した後、水で洗浄し、60°Cで乾物恒量を求めた。また、ルーメン内には投入せず水で洗浄しただけのものを 0 時間の試料とした。各試料の測定は実施日の異なる 3 連で行った。飼料中の可溶性成分(DMs)として 2、4、8 時間の値の回帰式から求めた切片の値を、またルーメン微生物による消化可能な成分として 72 時間の分解率から可溶性成分を差し引いた値(DMb)を用いた。また飼料中乾物の消化(分解)速度(kdDM)は飼料中 DM に対する割合として表し、8、24、48 時間における実測値と推定値との偏差平方の和が最小になるような値を求めた。また CP に関しても同様に可溶性画分(CPs)、微生物による分解可能な画分(CPb)および CP 全体に対する CP 分解速度(kdCP)を求めた(梶川ら 2009)。

DDGS のルーメン内における発酵性を求める試験に、ルーメンフィステル装着ザーネン種去勢山羊(平均体重 56kg)に DDGS を用いた。基礎試料としてアルファルファヘイキューブを維持量給与し(NRC 2006)、4 日毎に DDGS をその 10%づつ置換し、50%になるまで増給した。飼料切替前日の飼料給与 4 時間目にルーメンフィステルからルーメン内溶液を採取し、その特性を解析した。動物の管理は個別に行い、水は自由飲水とした。動物試験は日本大学生物資源科学部実験動物委員会の承認を得て行った。

DDGS の消化率および TDN 測定

繊維成分値の異なる DDGS 2 点(DDGS1:NDF33%、DDGS2:NDF48%)の消化率および TDN 含量を、日本在来種雌山羊 4 頭(シバ山羊、平均体重 28kg)を用い、糞尿分離装置を装着した代謝ケージを用いて全糞採取法で測定した(自給飼料利用研究会 2009、農業技術研究機構 2001)。基礎試料としてアルファルファヘイキューブを維持量(NRC 2006)給与し、試験飼料として基礎飼料の 30%(乾物)を DDGS1 および DDGS2 と置き換えたものを用いた。飼料は朝 1 回給与した。飼料馴致後、予備試験期間 7 日間および本試験期間 7 日間の消化試験を行った。糞は 1 日毎にまとめ、風乾したものを粉細して分析に供した。DDGS の成分消化率および TDN は、基礎飼料と試験飼料間における値の差と配合量から一義的に決まるといふ、

いわゆる加法性が成立するものと仮定して求めた(農業技術研究機構 2001)。

牛におけるDDGSの消化率測定は、ホルスタイン雌牛 4 頭(平均体重 650kg)を用い、乾乳期間(妊娠 8~9 ヶ月)とにおいて、全糞採取法を用いて求めた。基礎飼料としてバミューダグラス乾草、アルファルファヘイキューブ、ビートパルプおよび乳牛用配合飼料をそれぞれ乾物で 45、15、10 および 30%配合したものを給与した。飼料要求量は NRC 飼養標準(乳牛、1991)に基づいて計算した。試験飼料としては、基礎飼料の 30%(乾物)を DDGS1 と置き換えたものを用いた。飼料を 2 分して1日 2 回給与した。飼料馴致後、予備試験期間 5 日間および本試験期間 5 日間の消化試験を行った。山羊および牛の試験終了日の午前中にストマックチューブ(三紳工業、横浜)を用いてルーメン内容液を経口的に採取した(Kajikawa et al 1989)。

その他の分析

飼料の通過速度は、アルファルファヘイキューブおよび DDGS に酸化ランタン(シグマ・アルドリッチ社)を吸着させたものを、消化試験本試験開始後 2 日目に給与し、その後 96 時間にわたり 6 時間ごとに糞を採取し、糞中ランタン濃度の経時的変化から求めた(Hartnell & Satter 1979)。糞は乾式灰化して 0.1N 硝酸に溶解した後、ICP 発光分析法(島津製作所 ICPE-9000)によりランタン濃度を測定した。ランタン濃度の変化は一次反応に従いその減衰速度がルーメン通過速度を表すと仮定して Prism ver5 (GraphPad, San Diego, CA, USA)を用いて非線形解析を行った(Titgemeyer et al.2004)。

粗飼料因子(RVI:roughage value index)は、消化試験本試験期間中の連続した 48 時間にわたり、採食・反芻時間を観察・計測することで求めた(Sudweeks et al 1981)。飼料の粒度は、電磁式篩振盪機(FRITSCH GMBH, A-3 SPARTAN, Idar-Oberstein, Germany)を用いて求めた(Mertens 1997)。ルーメン内微生物合成量は、尿中プリン体排泄量から推定した。尿中プリン体は、アラントイン、尿酸およびキサンチン・ハイポキサンチンを分光光度法で測定して求めた(IAEA 1997)。ルーメン内溶液中の揮発性脂肪酸(VFA)および乳酸は、Chromosorb 101 (80-100 mesh)を充填したガラスカラムを装着したガスクロマトグラフ(Agilent 7890A)を用いて測定した(Carlsson J, 1973)。

平均値の差の検定は、Prism ver5 を用いて、基本的にF検定が有意($P < 0.05$)に場合に、対応のあるTukeyのt検定により行った。

結果と考察

DDGS の化学成分含量と変動幅、および成分間の相関

DDGS 27 種の各成分の平均値とその変動幅を表1に示した。また表中の TDN 含量は米 NRC 飼養標準(乳牛 2001)に基づいて推定した。

表1. DDGSの化学成分とその変動 (%DM)

	平均	標準偏差	最小値	最大値
乾物	89.5	1.2	87.5	92.2
中性デタージェント繊維 (NDF)	38.2	2.8	31.1	41.4
酸性デタージェント繊維 (ADF)	15.1	2.4	9.2	18.8
酸性デタージェントリグニン (ADL)	2.6	0.9	1.1	4.2
ヘミセルロース (NDF - ADF)	23.1	1.9	19.9	26.4
粗繊維	6.5	0.7	5.5	8.0
粗蛋白	29.8	1.1	27.9	32.5
中性デタージェント不溶性蛋白質 (NDICP)	3.4	1.2	1.6	6.7
酸性デタージェント不溶性蛋白質 (ADICP)	2.7	1.1	0.7	5.2
粗灰分	5.1	0.5	4.1	6.3
粗脂肪	13.7	1.7	10.6	16.6
推定TDN ¹⁾	88.9	3.2	82.6	92.8
修正TDN ²⁾	89.9	3.0	84.0	94.2

¹⁾米NRC飼養標準(乳牛、2001)に基づく推定値

²⁾上記推定TDNにおいてADICPが消化性に影響を及ぼさないと仮定したTDN推定値

DDGS の成分の特徴として、繊維 (NDF、ADF)、CP、および粗脂肪含量が高いことが挙げられるが、これはバイオエタノール生産においてトウモロコシ中のデンプンが効率的に発酵利用されるため、デンプン以外の上記成分が濃縮されたことによる。飼料中繊維成分の増加は一般的に消化性の低下へとつながるが、DDGS では NDF 中の約 60%が非 ADF 画分のヘミセルロースからなり、また ADL 含量も牧草などの粗飼料と比べて低いため、DDGS 中の繊維は比較的消化しやすいものと考えられる。しかし繊維含量の値は、NDF が 31~41%、ADF が 9~18%、ADL が 1.1~4.2%と広い変動幅を示し、サンプル間でバラツキが大きいことが示されている。いっぽう CP の変動幅は 31~41%と狭い値を示したが、NDICP が 1.6~6.7%、ADICP が 0.7~5.2%と繊維画分中に含まれる CP に大きな反動幅が見られた。これは、DDGS 製造過

程で行われる熱処理により繊維成分に結合する蛋白質量に違いがあったためと推測される。

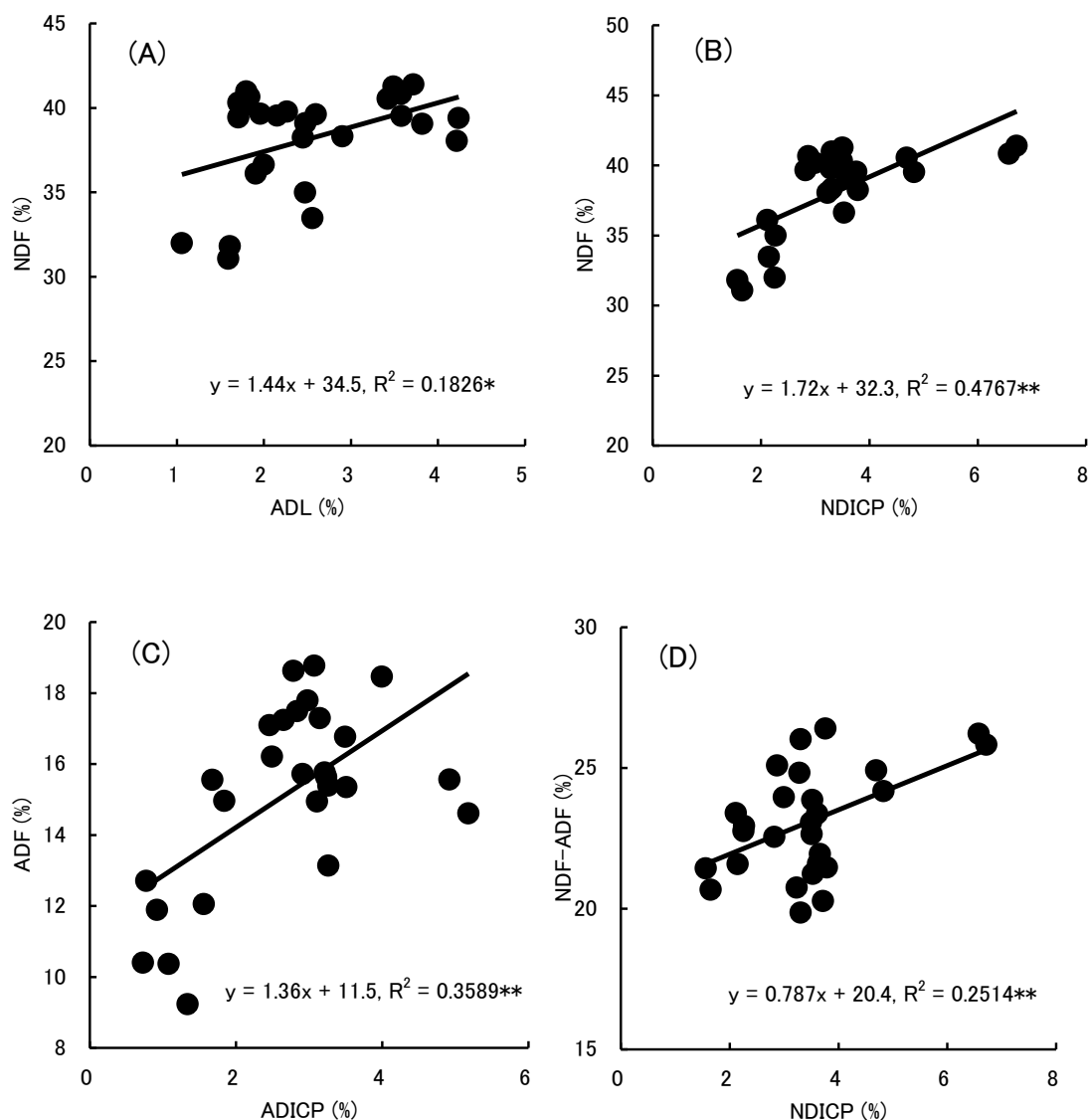


図1. DDGS における繊維成分と他の主要成分間との相関図

図1にDDGS中繊維成分と他の主要成分間の相関図を示した。各図中にそれぞれの回帰式および相関(決定係数 R^2)も記載した。相関の統計的な有意性は $R^2 > 0.140$ ($P < 5\%$) および $R^2 > 0.221$ ($P < 1\%$) で示される。NDF と ADL の間には 5%水準で有意な正の相関が見られた。しかし NDF と NDICP 間には 1%水準でさらに高度な有意相関がみられ、ADF と ADICP との間にも同様に 1%水準で有意な相関が見られた。このことはトウモロコシ子実の成熟に伴うリグニン化の進展が繊維含量の増加にある程度は関連していることを示してはいるものの、それ以上

に DDGS 製造工程(おそらくは乾燥過程)における熱処理で引き起こされる糖とアミノ酸のアミノカルボニル反応(メイラード反応)が、製造プラントあるいはロット間で差が見られることに由来するものと考えられる。アミノカルボニル反応は特にヘミセルロースの主成分であるペントース(キシロース)に強く起きることが知られていることから(Cleale et al 1987)、ヘミセルロース画分である NDF-ADF と NDICP との間にも強い相関が見られた。

アミノカルボニル反応の結果生じた糖とアミノ酸間の結合は微生物や消化酵素による分解作用を受けにくいとされている。このことは NDICP や ADICP の増加によりルーメン内や小腸での蛋白質の分解性や消化性が低下すると同時に、TDN 成分のひとつである可消化 CP 含量の減少を通じて TDN 含量の低下につながることも懸念される。表 1 には NRC の推定式を用いた TDN 推定値を記載したが、この式の中には NDF 含量の増加による可消化炭水化物の低下や ADICP の増加による可消化粗蛋白質の低下といった要素が含まれている。DDGS の TDN 推定値は平均が 89%で変動幅が約 10%見られることが示された。この約 10%の変動幅に対する関連成分の相関を図 2 に示した。

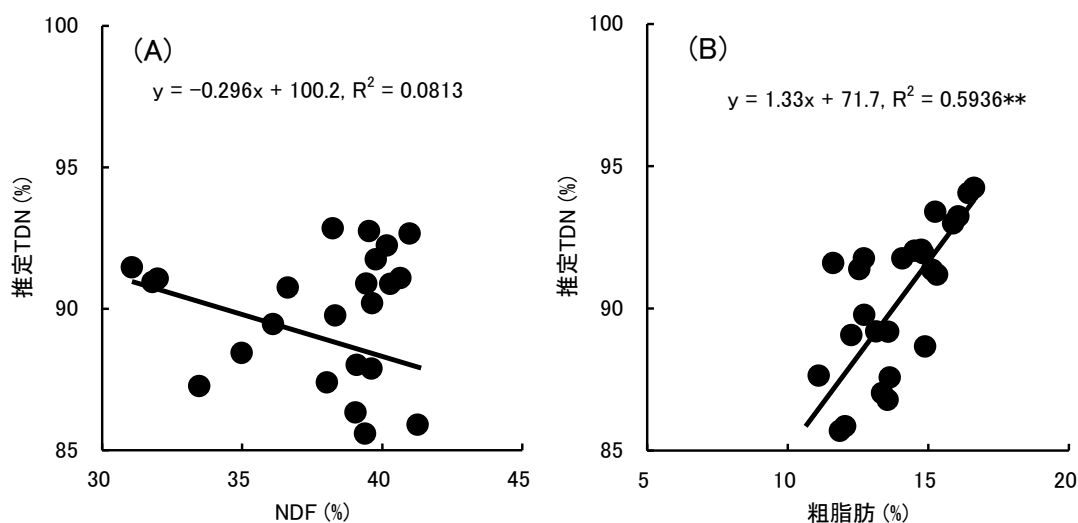


図 2. DDGS における推定 TDN と飼料成分の相関図

NDF と TDN の相関は、NDF 変動の主要な要因である NDICP と TDN との相関を間接的に表すことにもなるが、両者の間には負の回帰係数は示されたものの有意な相関は見られなかった。むしろ粗脂肪と推定 TDN との間に極めて強い相関が示されたことから、エネルギー濃度の高い脂肪含量の変動が、TDN の違いに強く影響を及ぼすものと考えられた。

DDGS のルーメン内での分解特性(インシチュ試験)

アミノカルボニル反応の進展に伴う繊維含量の増加が TDN そのものに及ぼす影響はさほど大きくはないとしても、CP の利用性低下はルーメン内微生物の合成や小腸での蛋白質消化の減少を通じて、反芻家畜の生産性低下につながる可能性も考えられる。そこで NDF 含量の異なる試料間において実際にルーメン内での乾物および蛋白質の分解性に差が見られるかどうかを、試料をルーメン内に投入して経時的な変化を調べるインシチュ法で検討した。試料は DDGS27 点の中から繊維含量の異なる 6 点を選び出し用いた(図 3)。NDF 含量として高いものは 41%、低いものは 32%となった。

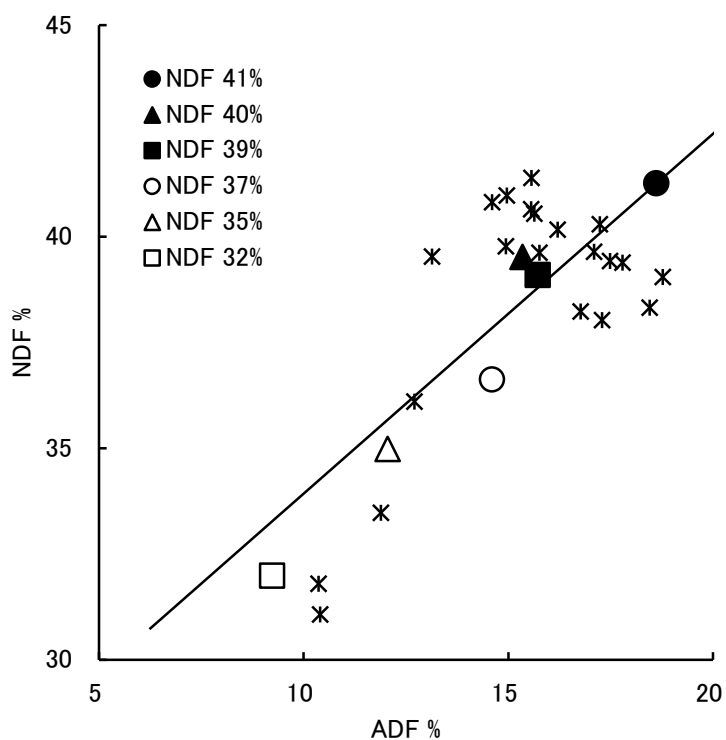


図 3. インシチュ試験に用いた試料の分布。全 27 点(*)中繊維含量の異なる 6 点を選択した。

ルーメン内での乾物分解曲線を図 4 に、乾物分解パラメータを表 2 に示した。6 点の DDGS 試料は NDF 含量の低いもの 2 点(NDF32 と 35%)と高いもの 4 点(NDF37、39、40 および 41%)で分解の傾向が分かれた。すなわち低 NDF 試料は可溶性成分(DMs)の割合が高く、高 NDF 試料が 29%~35%であるのに対して、40%以上の値を示した。しかしルーメン内微生物により分

解可能な成分 (DMb) の割合はその反対に高 NDF 試料の方が高く、そのため最終的な可消化成分 (DMs+DMb) は試料間に差が見られなくなり、どれも 93~95% の消化率を示した。また乾物分解速度 (kdDM) に関してはむしろ高 NDF 試料ほど高い傾向にあり、24 時間までは低 NDF 試料で高い乾物消化率を示したが、48 時間以降はその差が見られなくなった。

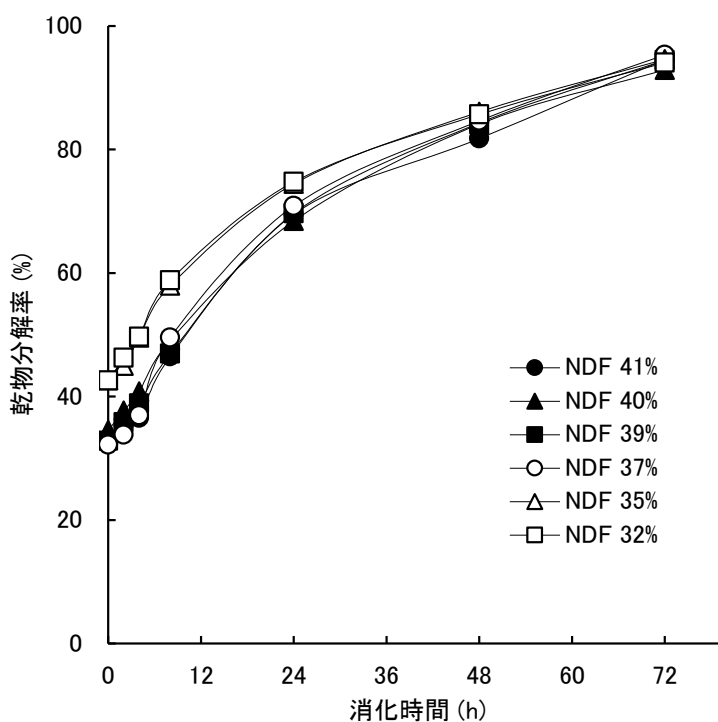


図 4. 繊維含量の異なる DDGS のルーメン内乾物分解曲線

表2. DDSGの乾物分解パラメータ

試料 (NDF 含量)	DMs (%)	DMb (%)	DMs+DMb (%)	kdDM (%/h)
NDF 32%	43	52	94	1.4
NDF 35%	42	53	95	1.4
NDF 37%	29	66	95	2.0
NDF 39%	33	62	95	1.7
NDF 40%	34	59	93	1.6
NDF 41%	31	63	95	1.7

DMs: 可溶性成分

DMb: 微生物により分解可能な成分

kdDM: 乾物分解速度 (飼料全体に対する割合)

次にルーメン内での CP 分解曲線を図 5 に、CP 分解パラメータを表 3 に示した。CP に関しても乾物と同様に低 NDF 試料 2 点で可溶性 CP 画分 (CPs) の割合が高く、高 NDF 試料 4 点で CPs 画分が低いという特徴を示した。また乾物分解パラメータと同様に、微生物に分解され

うる CP 画分 (CPb) は高 NDF 試料で高く、分解可能な総 CP の割合はどの試料も 91~95% と高い値を示した。また CP 分解速度 (kdCP) も同様に、高 NDF 試料の方が低 NDF 試料に比べて同等かあるいは高い値を示しており、そのため可溶性画分の値に差があるにもかかわらず 72 時間目ではどの試料も同等の値を示すことになった。

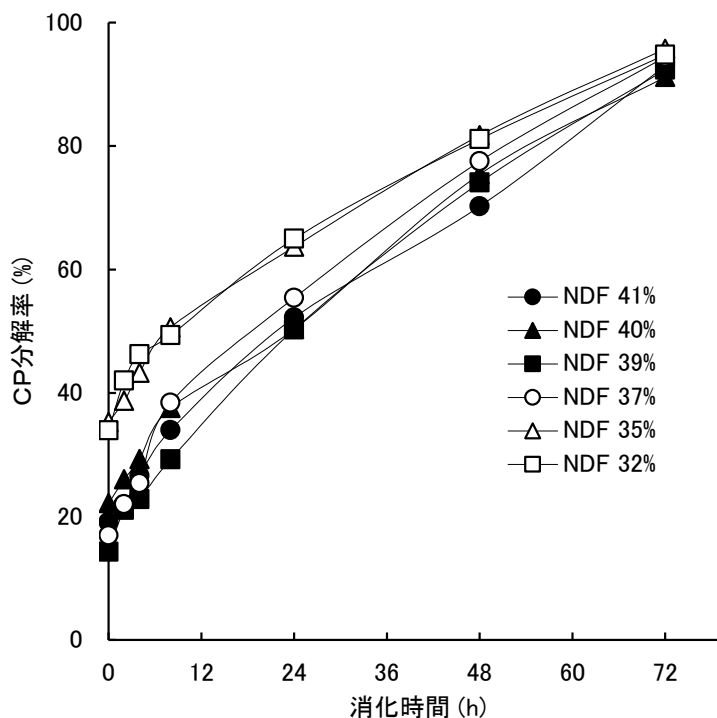


図 5. 繊維含量の異なる DDGS のルーメン内乾 CP 分解曲線

表3. DDGSのCP分解パラメータ

試料 (NDF 含量)	CPs (%)	CPb (%)	CPs+CPb (%)	kdCP (%/h)
NDF 32%	41	54	95	1.1
NDF 35%	42	53	95	1.4
NDF 37%	36	60	96	1.3
NDF 39%	19	74	92	1.8
NDF 40%	23	68	91	1.4
NDF 41%	31	63	95	1.7

CPs: 可溶性CP画分

CPb: 微生物により分解可能なCP分

kdCP: CP分解速度 (CP全体に対する割合)

ところで繊維成分と結合した NDICP や ADICP は、本来消化性の低い画分として考えられている (Huyler & Kincaid 1999, Webster 1984)。そのため NDICP や ADICP を多く含む高 NDF 試料は低 NDF 試料よりむしろ経時的に相対的な分解率がより低くなっていくはずである。図 6

にルーメン内での分解に伴う DGGS 中の NDICP 含量の経時的变化を示した。NDICP はそれ以外の CP 画分よりも分解性が低いと考えられているため、時間が経つにつれて濃縮され、その値が増加することが予想されるが、実際にはむしろ低下する傾向を示している。また図 7 に同様に ADICP の経時的变化を示したが、こちらは多くの飼料で分解開始後は増加が見られたが 8 ないし 12 時間後にはその増加が停止して一定の値を示すようになった。

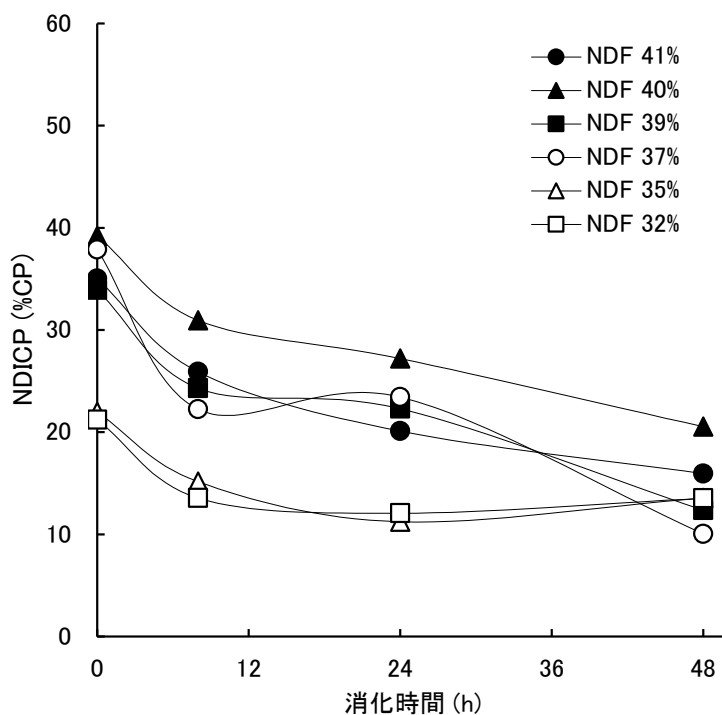


図 6. ルーメン内での分解に伴う中性デタージェント不溶性 CP (NDICP) の変化

NDICP は本来分解性が低いとされる成分であるにもかかわらず、NDICP の経時的な減少はその分解性が NDICP 以外のものよりも高いことを示している。この矛盾の説明としては以下の点が考えられる。おそらくは低 NDF 試料に代表されるような緩やかな熱処理を行った製品は、本来可溶性画分を多く含むが、熱処理を強くするにつれてその可溶性画分がアミノカルボニル反応で繊維画分に取り込まれ NDICP の増加となって表れる。しかしもともと利用性の高い可溶性画分が取り込まれたものなので、過剰な熱処理によって不可逆な反応の段階に進まない限り、不溶性の非 NDICP よりも高い分解性を示すこともありうるのかもしれない。さすがに ADICP として取り込まれた部分は、不溶性の非 ADICP より低い分解性を示すものの、より分解が進んだ段階では非 ADICP 画分と同様な分解性を示すことになったと考えられる。

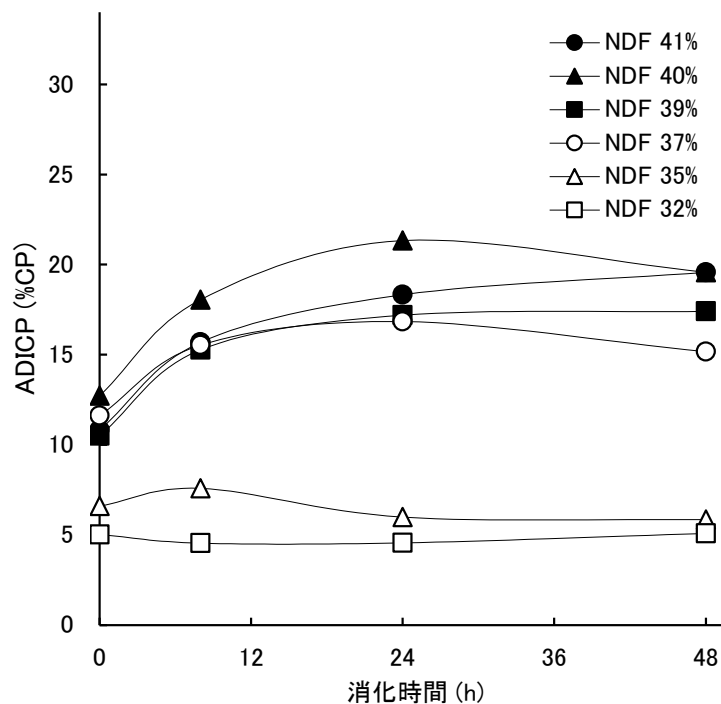


図7. ルーメン内での分解に伴う酸性デタージェント不溶性 CP(ADICP)の変化

このことは濃厚飼料を中心として、構造が脆弱で消化性の高い繊維成分を有する飼料に共通の特性である可能性もある。その場合、米国 NRC 飼養標準(乳牛、2001)で提示されているような NDF や ADICP を TDN 算定の要素として組み込んでいる推定式では、飼料のエネルギー価を過小評価する可能性が高い。そこでこの NRC の TDN 推定式において ADICP の項目を取り外して計算した場合の結果を表1の「修正 TDN」の値として示した。修正しない場合には 88.9%という平均値が、修正することによって 1%程度増加したものの、DGGS はエネルギー価に対する脂肪の寄与率が高いこともあって、ADICP の影響はたいして大きくないものであるといえる。むしろエネルギー価よりは蛋白質そのもののルーメン内での利用性に及ぼす影響を考慮するほうが重要かもしれない。微生物が利用可能なエネルギー基質(すなわち炭水化物)の供給量に応じて分解性 CP の必要量も決まってくるが、用いる DGGS の性質によって異なる算定結果を得ることになる。また分解性蛋白質が過剰な場合には、NDICP 含量の高い DGGS はバイパス蛋白質源としての意義も高まってくるが、リジン含量が原料のトウモロコシ同様に低いという点を注意する必要がある。

DDGS の採食割合とルーメン発酵

ルーメンフィステル装着山羊に DDGS を増給した場合のルーメン内発酵特性の変化を表4に示した。総VFA濃度はDDGS 給与により低下する傾向を示したが、DDGS 40% 摂取ではむしろ高い値を示し、DDGS 給与前と有意差を示したのはDDGS 50% のみであった。また個々のVFA 割合は酢酸、プロピオン酸および酪酸のどの酸もDDGS 給与前と比べて有意差を示さなかった。乳酸濃度の変化もVFA 濃度の変化とよく似た動きを示し、DDGS 給与によって低下するものも見られたが、DDGS 40% では高い値を示した。いっぽうプロトゾア数はDDGS 給与によって増加する傾向を示し、DDGS 50% 給与で給与前よりも有意に高い値を示した。またプロトゾア全体に占めるエントディニウム属の割合は85~90%で、DDGS 給与によってそれ以外のプロトゾア(イソトリカ、ダントリカおよびプロディニウム)が減少する傾向は示されなかった。

表4. DDGS摂取割合とルーメン内発酵特性

	DDGS摂取割合 (%)				
	0	20	30	40	50
総VFA mM	113.3 ^a	81.6 ^{ab}	75.9 ^{ab}	103.1 ^{ab}	74.7 ^b
酢酸 mol%	59.9	62.4	64.6	58.2	64.8
プロピオン酸 mol%	28.0 ^{ab}	26.7 ^{ab}	21.2 ^b	33.4 ^a	24.4 ^{ab}
酪酸 mol%	12.1	10.9	14.2	8.4	10.8
乳酸 mM	15.1 ^a	8.7 ^b	8.1 ^b	15.1 ^a	8.6 ^b
プロトゾア数 万/ml	3.9 ^b	7.4 ^{ab}	6.7 ^{ab}	9.8 ^{ab}	12.8 ^a
エントディニウム %	85	86	85	86	90

^{a, b} 異符号間に有意差有り (P<0.05)

DDGS はトウモロコシの主要な炭水化物源であるデンプンの多くがエタノールの原料となって消失していることから、穀類等とは異なり、その多給がルーメン内での著しい発酵を引き起こし、いわゆるアシドーシスに結びつく可能性は高くないものと考えられる。実際に本試験においてもDDGS を給与したことによる総VFA濃度および乳酸濃度の増加は見られなかった。

いっぽう DDGS はトウモロコシ油が濃縮されてその含量が10%以上に高まっていることから(表1)、脂肪の多給によるルーメン発酵への影響が懸念される。脂肪酸、特に多価飽和脂肪酸(PUFA)はグラム陽性菌の細胞膜に入り込み脱共役作用を引き起こすことで細菌の増殖を阻害する(Lai et al 1977)。ルーメン内のグラム陽性菌にはルミノコッカス等の繊維分解菌も含

まれることから、脂肪の多給は繊維消化率の低下による飼料摂取量の抑制につながる (Maczulak et al 1981)。また多価不飽和脂肪酸はメタン産生菌に対しても抑制的に働くが (Henderson 1973)、細菌に対して以上にプロトゾアの増殖により阻害的な効果を示すことも報告されている (Czerkawski 1973)。プロトゾアは基質の競合や捕食を通じて細菌、特にデンプン分解細菌と拮抗的な関係にあることや、メタン産生菌とは代謝性水素の授受を通じて共生関係にあることが知られていることから、プロトゾアの減少はデンプン分解菌の増殖促進によるアシドーシスの発生や、メタン減少、プロピオン酸比の増加による低乳脂の発生につながる (Kajikawa et al 1990)。しかし本試験では DDGS 多給によるプロトゾアが減少は示されず、またするプロトゾア種の多様性も維持された (図 8)。また濃厚飼料多給時に特徴的に見られるプロピオン酸比の上昇も、本試験での DDGS 増給では限定的にしか観察されなかった。このことから DDGS の増給は、含有される脂肪酸の微生物増殖阻害効果は特に強いものではないものと考えられる。トウモロコシは PUFA であるリノール酸の含量が高いが、PUFA の高い飼料でもルーメンをバイパスする特性を持つもの (全粒油実、カルシウム塩、ホルマリン処理に伴う保護油脂) は、ルーメン内での微生物阻害効果が低いことが知られている。DDGS 多給によってもルーメン発酵に影響を及ぼさないことから、DDGS 中の脂肪が何らかのバイパス特性を有している可能性が示唆された。

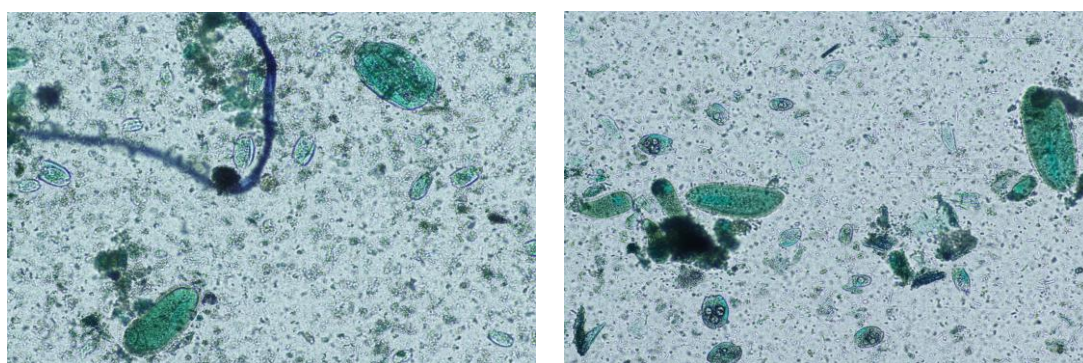


図8. DDGS 50% 給与時のルーメン内プロトゾア

DDGS 組成の違いとエネルギー価および消化率(山羊の消化試験)

ルーメン内でのインシチュ試験で、繊維結合性蛋白質に由来する DDGS 間の成分組成の

違いは消化性にあまり大きな影響を示さないことが示唆されたが、それが実際の動物を使った消化率にどのような結果を示すかを検討した。表5に実際に用いた飼料の成分組成を示した。

表5. 供試飼料の成分 (DM%)

	DDGS1	DDGS2	基礎試料
乾物	91.2	89.8	89.1
有機物	93.6	96.4	90.8
粗蛋白質	30.7	26.3	17.4
粗脂肪	12.3	12.6	2.3
NDF	33.2	47.9	53.6
ADF			
NDICP		分析中	
ADICP			

基礎試料: アルファルファヘイキューブ

試験に用いた2種類のDDGSはエネルギー含量の最も高い成分である粗脂肪でほぼ同じ値を示したことから、飼料エネルギー含量(TDN)に差が見られたとしても、それは脂肪以外の要因が関与しているものと考えられる。その他の成分としては、有機物、粗蛋白質およびNDFで2種類のDDGS間の差が、それぞれ2.8、4.4および14.7でありNDF含量の差が大きいことから、この成分の利用性が飼料のエネルギー価に及ぼす影響の高さが示唆された。

次に、このDDGSを基礎試料のアルファルファに3割混合して給与した飼料の消化率と基礎試料の消化率の差から求めたDDGS単体でのTDNおよび成分消化率を表6に示した。

表6. 供試飼料のTDNと成分消化率 (%DM)

	DDGS1	DDGS2	基礎試料	P*
TDN	87.2	96.3	58.3	0.020
消化率				
乾物	76.9	82.8	60.0	0.069
粗蛋白質	87.4	86.0	77.4	0.399
粗脂肪	97.1	96.7	37.4	0.904
NDF	47.8	71.8	53.2	0.002

*DDGS1とDDGS2間の有意差を示すP値。0.05以下で有意差あり。

消化試験における4頭の動物個体間の変動は、乾物消化率で見ると、基礎飼料で59.5～60.6%、DDGS1を30%含む試験試料で64.4～65.5%、DDGS2を30%含む試験試料で65.2～68.6%と比較的狭い範囲で分布した。乾物消化率は繊維含量が高いDDGS2がDDGS1よりも高い傾向を示し、TDN含量もDDGS2が有意に高い値を示した。DDGSのエネルギー成分消化率をみると、粗蛋白質と粗脂肪の消化率には差が見られず、繊維成分であるNDFにおいてDDGS2で有意に高い値を示したことから、DDGS2のTDNの高さは、繊維成分の消化率の高

さに帰しうるものと考えられる。

インシチュ試験の結果から、繊維結合性蛋白質を多く含む DDGS2 の NDF 含量はさほど低くはならないと予想されていたが、むしろ逆に DDGS1 よりも高い値を示したことは想定外のことである。この原因として考えられるのは、DDGS2 の方がより長くルーメン内に留まり、ルーメン微生物の消化を十分に受けた可能性が考えられる。表7に供試飼料のルーメン通過速度 k_p と平均粒度を、図9に DDGS のフルイ目別粒度分布を示した。

表7. 供試飼料の通過速度と物理的特性

	アルファルファ	DDGS1	DDGS2
通過速度 (%/h)	2.36 ^b	3.17 ^a	2.91 ^b
平均粒度 (mm)	32	0.91	1.58
物理的有効率	88	6.7	72
粗飼料因子 (min/kgDM)	760	303	-

通過速度: 飼料固形部のルーメンからの流出(通過)速度。1次反応に従うとして計算。各飼料を希土類(La)で標識して糞中に出るパターンを測定して推定した。

平均粒度: フルイ目と試料の累積残存率との回帰式を作成し、飼料の50%が通過する仮想フルイ目で表した。

物理的有効率: 1.18mm以上の粒度割合。反芻刺激を誘発する。

粗飼料因子: 飼料の物理性の指標。飼料乾物あたりの咀嚼時間(=採食時間+反芻時間)。値の高いものほど唾液の分泌を促しルーメン発酵を安定化させる。

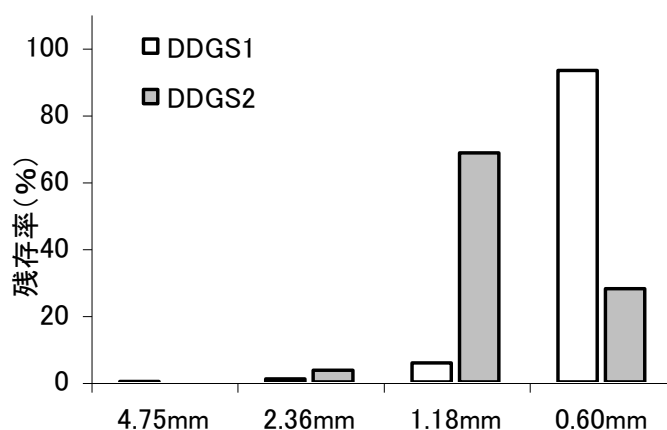


図9. DDGS のフルイ目別粒度分布

DDGS1 は DDGS2 や基礎試料であるアルファルファよりも k_p が高いことが示された。このことは DDGS1 のルーメン内滞留時間が短く、まだ十分に微生物による消化作用を受けずに下部消化管に流れていく繊維成分の割合が高いことを示唆している。NDF 成分はデンプンとは異

なり、ルーメン内で消化されなかったものはその多くが小腸では消化されずに糞中に排泄されるため、ルーメン内での消化率の差はそのまま飼料としての消化率の差に反映される。そこで何故 DDGS2 が DDGS1 よりも kp が低くなった理由として、試料の粒度が考えられる。図9に DDGS の粒度分布を示したが、DDGS1 では 1.18mm でピークが見られたのに対して、DDGS2 ではピーク粒度が 0.60mm となった(ちなみに基礎試料のアルファルファのピークは 19mm 以上)。反芻刺激を誘発する粒度である 1.18mm 以上の割合(これを物理的有効率 pef と呼ぶ)は DDGS2 が 72%に対して DDGS1 は 6.7%と大きな差が見られ、平均粒度もそれぞれ 1.6 と 0.9mm と差が見られた。粒度の粗いものほど、ルーメンマットに取り込まれやすく、より長くルーメン内に保持されるものと考えられる。実際に DDGS1 とアルファルファでは kp に有意差は見られず、同等の速度で流出していったものと考えられる。

ところでルーメン内での消化率、特に微生物のエネルギー源となりうる炭水化物の消化率が高いものは、ルーメン内微生物の合成量も高くなると考えられる。図8に試験飼料給餌の給与時の尿中プリン体排泄量とルーメン内微生物の推定値を示した。

表8. 供試飼料給与時の尿中プリン体排泄量とルーメン内微生物合成推定量

	基礎飼料	試験飼料	
		DDGS1	DDGS2
尿中プリン体排泄量	7.86 ^{ab}	6.43 ^b	8.06 ^a
うちアラントイン (%)	87.3	91.6	91.9
微生物合成推定量 (g/kgDM)	55.0 ^{ab}	50.8 ^b	64.0 ^a

基礎飼料: アルファルファヘイキューブ

試験飼料: アルファルファ 70%、DDGS 30% DM

^{a, b} 異符号間に有意差有り (P<0.05)

飼料中に含まれる核酸等のプリン体はルーメン内で全て分解され、下部消化管に流出するプリン体は全てルーメンで合成された微生物由来という仮定のもとに、この外因性プリン体量を求めることで微生物合成量が推定できる。外因性プリン体量は尿中プリン体排泄量から内因性プリン体量(動物の体重から推定される)を差し引くことで求められる。尿中プリン体はアラントイン、尿酸、キサンチンおよびハイポキサンチンからなるが、そのほとんどはアラントインで、特に牛では、キサンチンとハイポキサンチンは排泄されないとされている。DDGS を含む混合飼料給与時のプリン体排泄量は、DDGS2 給与時が DDGS1 給与時よりも有意に高く、またルーメン微生物合成推定量も DDGS2 において有意に高い値が示された。これは DDGS2 におい

てルーメン内で利用される可消化な炭水化物量が多いことを示しており、上記の通過速度の低さや TDN 含量の高さとの関連が強く示唆された。

表9. DDGS摂取割合とルーメン内発酵特性

	基礎飼料	試験飼料	
		DDGS1	DDGS2
総VFA mM	109.7	102.0	92.0
酢酸 mol%	63.6	62.7	64.6
プロピオン酸 mol%	25.9	26.7	23.8
酪酸 mol%	10.5	10.6	11.6
乳酸 mM	11.9	14.3	8.5
プロトゾア数 万/ml	10.8 ^b	20.7 ^a	20.2 ^a
エントディニウム %	89	79	70

基礎飼料: アルファルファヘイキューブ

試験飼料: アルファルファ 70%、DDGS 30% DM

^{a, b} 異符号間に有意差有り (P<0.05)

表9に試験山羊のルーメン内溶液特性を示した。総VFA濃度、各VFA(酢酸、プロピオン酸、酪酸)のモル比、および乳酸濃度に基礎試料と試験飼料間および DDGS 飼料間で差が見られなかった。DDGS を 30%加えても基礎試料と同様な発酵特性を示したことは、DDGS に含まれる脂肪酸等が特に発酵を阻害する作用を表さなかったことを示唆している。しかし DDGS 間ではルーメン内での可消化炭水化物量が異なる可能性があったものの、その差は発酵量の差になっては示されなかった。発酵特性の経時的な変化を測定すれば差が見られた可能性もある。プロトゾア数は DDGS の給与により有意に増加したが、これはルーメンフィルテル装着山羊で示された結果を支持するものである。DDGS にプロトゾアの増殖を促進する因子が含まれている可能性も考えられるが、プロトゾアの増加はデンプン分解菌等を抑えてルーメン発酵を安定化する作用が期待できるものの、同時にメタン産生やアンモニア濃度の同化等、飼料の利用効率を抑制させる働きもあるため (Ushida 1986)、注意が必要となる。プロトゾアの種類は有意差はないものの、DDGS 給与によりエントディニウム以外のプロトゾア(イソトリカ、ダシトリカ、プロディニウムおよびエピディニウム)が増える傾向を示したことから、ルーメン内生態系の多様性を維持する作用も期待できる。

以上の山羊の消化試験から、DDGS における NDF 含量あるいは繊維結合性蛋白質含量の差は DDGS の消化性およびTDN含量には大きな影響を及ぼさないものと考えられる。飼料粒

度等の物理性とその影響をうける反芻胃内通過速度(滞留時間)の差がむしろ消化性に強く作用することが示唆された。

乾乳牛における DDGS の利用性

日本標準飼料成分表に記載された基本的な飼料の特性値は、反芻動物に関しては労力とコストの関係からその多くは実験動物である緬山羊を用いて求められている。しかし生産家畜である牛を用いたデータも、実際に近い値として求めることを期待される。表10に乾乳牛の試験に用いたDDGSの成分値を示したが、山羊で使用したものとどの成分もほぼ同じ値を示したことから、同じ飼料を用いた値として直接比較できるものと考えられる。

表10. 供試飼料の成分 (DM%)

	DDGS1	
	山羊	乾乳牛
乾物	91.2	91.2
有機物	93.6	94.6
粗蛋白質	30.7	29.4
粗脂肪	12.3	11.9
NDF	33.2	34.6

この飼料を用いて求めた TDN および各成分消化率を図 11 に示した。牛で求めた値を、山羊のものと比較した(表 6 と同一)。

表11. 供試飼料のTDNと成分消化率 (%DM)

	DDGS1		基礎試料 乾乳牛	P*
	山羊	乾乳牛		
TDN	87.2	90.6	68.2	0.134
消化率				
乾物	76.9	79.1	68.6	0.283
粗蛋白質	87.4	86.3	67.0	0.514
粗脂肪	97.1	95.9	66.3	0.717
NDF	47.8	67.6	61.4	0.008

*山羊と牛間の有意差を示すP値。0.05以下で有意差あり。
基礎試料:パミュダグラス乾草、アルファルファヘイキューブ、ビートパルプ、
および配合飼料(45:15:10:30)
試験飼料:基礎飼料 70%、DDGS 30% DM

TDN の値は有意差はなかったものの、数値的には乳牛の方が、山羊よりも 3.4%高い値を示した。成分消化率では粗蛋白質や粗脂肪ではほぼ同じ値を示したのに対して、NDF 消化率では乳牛で山羊よりも有意に高い値を示し、これが乳牛で TDN を引き上げるものとなっ

る。乳牛で繊維消化率が高まった原因として、ルーメンでの通過速度が低く滞留時間が長いために、十分に消化が行われたことが考えられる。図 11 では基礎飼料と DDGS のルーメンからの通過速度を牛と山羊で比較してみた。DDGS の通過速度は、予想に反して牛で有意差はないものの数値的には高い値を示したことから、ルーメン内の滞留時間の長さが消化率の高さにつながったのではないことが示唆された。しかし牛と山羊では飼料の物理的スケールがあまり変わらないにもかかわらず、ルーメンのサイズがあまりにも違うため通過速度の直接的な比較は現実的ではないのかもしれない。

表 12. 供試飼料の通過速度

	山羊	乾乳牛	P*
基礎飼料	3.51	1.38	0.03
DDGS1	3.18	3.77	0.21

*山羊と牛間の有意差を示すP値。

表 11 では DDGS とバミューダグラス乾草、アルファルファヘイキューブ、ビートパルプおよび乳牛用配合飼料からなる基礎飼料との TDN 間に約 20% の差が見られたことから、DDGS を含む試験飼料でルーメン内微生物合成量も高まった可能性が考えられる。むしろ DDGS にはルーメン内の嫌気条件下では酸化されない脂肪酸も多く含まれているが、それを考慮しても(補正分約 6%)、十分に微生物蛋白合成量が高まったものと期待される。

表 12 には、乳牛における基礎飼料と、DDGS を 30% 含む基礎飼料でのルーメン内微生物合成量を尿中プリン体の排泄量から推定したものを示した。ここでは予想どおり DDGS を含む試験飼料の方が高い微生物合成量を推定したことから、DDGS 中の可消化繊維をはじめとする可消化蛋白質のエネルギー価はたいへん高いものと考えられた。

ルーメン内微生物蛋白質合成量の推定値

飼料	平均	SE
基礎飼料	58.0 a	2.3
試験飼料	78.7 b	5.5

a、b: 異符号間に有意差あり(P<0.05)。

牛で求めた DDGS 栄養価から、山羊と牛では繊維消化率に多少差が出る可能性もあるものの、基本的には同様なエネルギー価(TDN)を示すものと考えられた。

今後は、泌乳牛等の飼料摂取量が高い生産家畜を用いて、どれだけ DDGS の栄養価が変わるかが検討課題として上げられる。

参 考 文 献

- AOAC International. 2000. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 17th edn. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- Carlsson J. 1973. Simplified gas chromatographic procedure for identification of bacterial metabolic products. *Applied Microbiology*. 25: 287-289.
- Cleale IV RM. Klopfenstein TJ. Britton RA. Satterlee LD. Lowry SR. 1987. Induced non-enzymatic browning of soybean meal. III. Digestibility and efficiency of protein utilization by ruminants of soybean meal treated with xylose or glucose. *Journal of Animal Science*. 65: 1327-1335
- Czerkawski JW. 1973. Effect of linseed oil fatty acids and linseed oil on rumen fermentation in sheep. *Journal of agricultural Science, Cambridge*. 81: 517-531
- Hartnell GF. Satter LD. 1979. Extent of particulate marker (samarium, lanthanum and cerium) movement from one digesta particle to another. *Journal of Animal Science*. 48: 375-380.
- Henderson C. 1973. The effects of fatty acids on pure cultures of rumen bacteria. *Journal of agricultural Science, Cambridge*. 81: 107-112
- Hurrell RF. Finot PA. 1985. Effects of food processing on protein digestibility and amino acid availability. in *Digestibility and Amino Acid Availability in Cereals and Oilseeds*. (Finely JW. Hopkins DT eds.) 233-246. American Society of Cereal Chemists. St. Paul, MN. USA.
- Huyler MT. Kincaid RL. 1999. The relationship between intestinally available protein and detergent insoluble protein of feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology*. 78: 101-107.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). 1997. Estimation of Rumen Microbial Protein Production from Purine Derivatives in Urine. IAEA-TECDOC-945. IAEA. Vienna, Austria.
- 自給飼料利用研究会. 2009. 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.
- Kajikawa H. Abe A. Nagasaki Y. 1989. Comparison in chemical and microbial properties between the rumen contents taken by a stomach tube and taken through a rumen fistula. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 2: 454-455.
- Kajikawa H. Odai M. Saitoh M. Takahashi T. Tano R. Abe H. Abe A. 1990. Effects of

- sugar-beet pulp on ruminal and lactation performances of cows having different rumen fermentation patterns. *Animal Feed Science and Technology*. 31: 91-104.
- 梶川 博. 雨宮久貴. 小野寺和子. 津川貴吉. 小里佳睦. 中村文彦. 三森真琴. 竹中昭雄. 2009. 蛋白質飼料資源と反芻胃内消化、蛋白質分解特性評価の新しい視点. ルーメン研究会報. 20: 1-11.,
- Lai J-S. Okuda S. Takahashi H. 1977. Lipid A, various fatty acids and their derivatives as proton conductors in membrane vesicles from *Escherichia coli*. *Journal of General and Applied Microbiology*. 23: 137-146
- Maczulak AE. Dehority BA. Palmquist DL. 1981. Effects of long-chain fatty acids on growth of rumen bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*. 42: 856-862
- Mertens DR. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 80: 1463-1481.
- Mertens DR. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. *Journal of AOAC International*. 85: 1217-1240.
- National Research Council (NRC). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, 7th rev ed. National Academy Press. Washington, D.C. USA.
- National Research Council (NRC). 2006. *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. National Academies Press. Washington, D.C. USA.
- Nocek JE. 1988. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A review. *Journal of Dairy Science*. 71: 2051-2069.
- 農業技術研究機構. 2001. 日本標準飼料成分表(2001年版). 農業技術研究機構.
- 農林水産省. 1976. 飼料の公定規格. 農林水産省告示 756号
- OECD-FAO. 2007. OECD-FAO Agricultural Outlook: 2007-2016 ed.
- Pedersen C, Boersma MG, Stein HH. 2007. Digestibility of energy and phosphorus in ten samples of distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. *Journal of Animal Science* 85: 1168-1176.
- Sudweeks EM. Ely LO. Mertens DR. Sisk LR. 1981. Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets: Roughage value index system. *Journal of Animal Science*. 53: 1406-11.

- Titgemeyer EC. Drouillard JS. Greenwood RH. Ringler JW. Bindel DJ. Hunter RD. Nutsch T. 2004. Effect of forage quality on digestion and performance responses of cattle to supplementation with cooked molasses blocks. *Journal of animal Science*. 82: 487-494.
- Ushida K. Jouany JP. Thivend D. 1986. Role of rumen protozoa in nitrogen digestion in sheep given two isonitrogenous-diets. *British Journal of Nutrition*. 56: 407-419.
- Van Soest PJ. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*. 46: 829-835.
- Van Soest PJ. Wine RH. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists* 50: 50-55.
- Vogel K. Pedersen JF. Masterson SD. Toy JJ. 1999. Evaluation of a filter bag system for NDF, ADF, and IVDMD forage analysis. *Crop Science* 39: 276-279.
- Webster AJF. Kitcherside MA. Keirby JR. Hall PA. 1984. Evaluation of protein feeds for dairy cows. *Animal Production*. 38: 548.

課題名： 発生工場の異なる DDGS の豚および鶏についての エネルギー価変動に関する研究

日本大学生物資源科学部 佐伯真魚

1. 要約

2008、2009年に日本に輸入された異なるバイオエタノール工場由来のDDGSについて、豚と鶏におけるエネルギー価の変動の現状を明らかにすることを目的として試験を実施した。化学組成と *in vitro* 消化率を調査するとともに、実際に、豚については消化率を測定して可消化養分総量(TDN)を評価し、鶏については代謝エネルギー(ME)を測定した。

その結果、今回の供試DDGSについては、化学組成と *in vitro* 人工消化率の顕著な工場間の変動は認められず、近似した値を示すことがわかり、エネルギー価値としては、大きな差異は生じていないことが示唆された。

豚におけるTDN実測値は乾物中として90%以上を示し、栄養価は高く評価され、安定していることが明らかになった。その一方で粗蛋白質の消化率には大きな差異が認められたことから、工場毎の適切な蛋白質栄養評価が必要であるといえた。鶏におけるMEは乾物中として平均2.86Mcal/kgを示したが、工場毎に差が認められ、最も高いのは2.97Mcal/kg、低いものは2.75Mcal/kgであった。

DDGSのエネルギー価値は、豚の場合には安定しているものと見なして使用可能であり、鶏の場合には約0.2Mcal/kgの変動を見越して使用する事が推奨される結果であった。DDGSの2004年8月公表の公定規格・暫定値と比較すると、多少異なる結果であり、引き続きDDGSの栄養価変動の実態をモニタリングしていく必要がある。

今回のデータは、現在のDDGSの豚と家禽に関する栄養価データとして活用されるとともに、今後のDDGS栄養価の変動実態をモニタリングしていくうえでの基礎データとして活用可能である。

2. 目的

DDGSの栄養特性は、発生源であるバイオエタノール工場間の変動が大きいとされ、その栄養価を適切に評価することが求められている。そのため、日本に輸入されている異なる工場のDDGSについて、以下の3点について検討する事を目的とした。

- 1) DDGSの *in vitro* 消化特性を評価する。(2008年度)
- 2) DDGSの豚における消化特性とその工場間変動を評価する。(2008年度)
- 3) DDGSの鶏における代謝エネルギーの工場間変動を評価する。(2009年度)

3. 材料および方法

1) 供試品

飼料輸出入協議会より提供された合計 8 点(2008 年 : No. 1~4、2009 年 : No. 5~8)のトウモロコシ蒸留粕 (DDGS) を供試した。それぞれ同一ロットを 100kg 供試した。工場の所在地は、イリノイ州、ウィスコンシン州、アイオワ州等である。見た目の性状は、比較的粒度が荒いもの(写真 1; 5 件体)と、粒度が細かいもの(写真 2; 3 件体)とに大別された。供試品の成分は表 1 に示したとおりであった。



写真 1

写真 2

表1. 供試品の一般成分

供試品No.	水分, %	乾物中%				
		有機物	粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	NFE
2008年度						
1	12.2	95.4	27.9	12.5	5.4	49.6
2	11.8	95.3	26.5	12.6	5.9	50.2
3	9.8	95.1	27.4	12.3	4.1	51.3
4	10.8	95.7	26.1	13.2	6.4	50.0
2009年度						
5	11.5	94.8	29.9	11.6	6.3	46.9
6	10.8	94.6	30.7	12.0	6.1	45.9
7	12.6	95.2	28.3	13.6	6.4	46.9
8	12.8	95.1	28.1	13.9	6.3	46.8
平均	11.5	95.1	28.1	12.7	5.9	48.4
標準偏差	1.0	0.3	1.6	0.8	0.8	2.0

2) *in vitro* 人工消化試験

Boisen らの方法¹⁾で行った。ペプシン、パンクレアチンおよびヴィスコザイムによる 3 段階の酵素処理法で供試品 (No. 1~4) の *in vitro* 乾物消化率と有機物消化率を測定した。対照としてトウモロコシについても実施した。

3) 供試動物

(1) 豚

約4ヵ月齢のLW・D種去勢および雌豚(平均体重60kg)を個別豚房で管理し、のべ30頭供試した。

(2) 鶏

卵用種雄中雛(白色レグホーン、ジュリア系、5週齢)36羽を供試した。

4) 試験区の設定等

(1) 豚

消化試験は動物栄養試験法²⁾に従い実施した。表2に示した基本飼料を給与する基本飼料給与区と、基本飼料と各供試品を原物として7:3の割合で混合した試験飼料を給与する試験飼料給与区の計5区を設定した。なお、両飼料とも、指示物質としてセライト(No.545)を2%ずつ混合した。

供試豚を個体別に豚房に収容し、基本飼料(6頭)および試験飼料(各6頭)に割り付けて各飼料を13日間定量給与した(写真3)。飼料給与量は、原物として開始時体重の4%とし、朝、夕の2回に等量ずつ分与した。各飼料給与開始後8日目より6日間に排泄された新鮮糞を、個体毎に朝、昼、夕の3回汚染分を除いて採取した。採取した糞は、その都度、全量を60℃で2日間通風乾燥したのち風乾し、6日分を混合して微粉碎し、分析用飼料とした。

表2. 2008年度試験(豚)の基本飼料の配合割合(原物%)

原 料	
トウモロコシ	64.32
マイロ	15.00
大豆粕	15.00
魚粉(CP65%)	3.00
炭酸カルシウム	1.54
リン酸二石灰	0.29
食塩	0.20
ビタミンB群 ¹⁾	0.20
ビタミンADE ²⁾	0.20
微量ミネラル ³⁾	0.20
塩酸L-リジン	0.05

- 1) 1kg中g; 硝酸チアミン 1.0、リボフラビン 7.0、塩酸ピリドキシン 0.5、ニコチン酸アミド 6.0、D-パントテン酸カルシウム 10.9、塩化コリン 57.6
2) 1g中; ビタミンA 10,000IU、ビタミンD3 2,000IU、酢酸dl- α -トコフェロール 10mg
3) 1kg中g; Mn 50、Fe 50、Cu 10、Zn 60、I 1



写真 3

(2) 鶏

ME 測定は動物栄養試験法²⁾に従い実施した。表 3 に示した基本飼料を給与する基本飼料給与区と、基本飼料と各供試品を原物として 6:4 の割合で混合した試験飼料を給与する試験飼料給与区の計 5 区を設定した。なお、両飼料とも、指示物質として酸化クロム (Cr_2O_3) を 0.1% ずつ混合した。

雛は 2 羽ずつ代謝試験ケージに収容して基本飼料を 7 日間給与し、試験環境に馴致させたのち、基本飼料給与区および試験飼料給与区に 6 ケージずつ割り付けて 12 日間不断給与した(写真 4)。各飼料給与開始後 6 日目より 7 日間に排泄された糞尿混合物を毎日、朝、夕の 2 回、ケージ毎に採取した。採取した糞尿混合物は、約 60°C で 2 日間通風乾燥、7 日間風乾し、7 日分を混合して微粉碎し、分析用試料とした。



写真 4

表3. 2009年度試験(鶏)の基本飼料の配合割合(原物%)

基本飼料	
トウモロコシ	56.73
マイロ	15.00
大豆粕	15.00
魚粉(CP65%)	3.00
コーングルテンミール	3.00
大豆油	2.00
炭酸カルシウム	2.05
リン酸二石灰	1.35
食塩	0.20
ビタミンB群 ¹⁾	0.20
ビタミンADE ²⁾	0.20
微量ミネラル ³⁾	0.20
DL-メチオニン	0.20
塩酸L-リジン	0.31
L-トレオニン	0.23
L-アルギニン	0.28
L-バリン	0.05

注1) 1kg中g; 硝酸チアミン 2.0、リボフラビン 10.0、塩酸ピリドキシン 2.0、ニコチン酸アミド 2.0、D-パントテン酸カルシウム 4.35、塩化コリン 138.0、葉酸 1.0

2) 1g中; ビタミンA 10,000IU、ビタミンD3 2,000IU、酢酸dl- α -トコフェロール 10mg

3) 1kg中g; Mn 80、Fe 6、Cu 0.6、Zn 50、I 1

5) 分析

供試品は、一般成分(水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗繊維、粗灰分および可溶無窒素物(NFE))を分析し³⁾、ボンブカロリメーターを用いて総エネルギー(GE)を分析した。

基本飼料および試験飼料は、豚、鶏ともに一般成分を分析し、豚を用いた消化率の測定では糞についても、上記の成分を分析するとともに、酸不溶性灰分を古谷らの方法⁴⁾により分析した。鶏の試験飼料および糞尿混合物についてはGE およびCr₂O₃を分析した。

6) 消化率および栄養価、代謝エネルギーの計算

豚では、供試品の消化率、可消化養分総量(TDN)をセライトによって増量した酸不溶性灰分を指示物質としたインデックス法により基本飼料および試験飼料の消化率を算出したのち、以下の式により算出した。

鶏では、供試品の代謝エネルギー(ME)および代謝率について、Cr₂O₃を指示物質としたインデックス法の計算式により、基本飼料および試験飼料のMEを算出したのち、以下の式により算出した。

$$\text{供試品の消化率(\%)} = \frac{\text{試験飼料の可消化成分含量} - \text{基本飼料の可消化成分含量} \times \text{基本飼料の混合割合(乾物として)}}{\text{供試品の成分含量} \times \text{供試品の混合割合(乾物として)}}$$

$$\text{供試品のTDN(\%)} = \frac{(\text{供試品の有機物} \times \text{供試品の有機物消化率} + \text{供試品のEE} \times \text{供試品のEE消化率} \times 1.25)}{100}$$

$$\text{供試品のME(Mcal/kg)} = \frac{\text{試験飼料のME} - \text{基本飼料のME} \times \text{基本飼料の混合割合}}{\text{供試品の混合割合}}$$

$$\text{供試品の代謝率(\%)} = \frac{\text{供試品のME (Mcal/kg)} \times 100}{\text{供試品のGE (Mcal/kg)}}$$

7) 統計処理

消化率と可消化成分、代謝エネルギーについて、供試品間の比較を行った。一元配置分散分析で有意差の認められた項目については、Tukey の多重検定を行った。

4. 結果および考察

1) *in vitro* 人工消化率

各供試品の *in vitro* 消化率を表 4 に示した。乾物消化率、有機物消化率ともに高い値を示し、各供試品間の顕著な差は認められなかった。表 1 の成分分析と *in vitro* 消化率の結果から、今回の供試品間には大きなエネルギー価 (TDN) の変動は認められないと推察した。

表4. 供試品の *in vitro* 人工消化率(%)

供試品No.	乾物消化率	有機物消化率
1	88.9	91.0
2	88.7	90.7
3	89.9	92.1
4	90.6	92.6
トウモロコシ	95.7	96.1

2) 豚における消化率と栄養価

各供試品の単味の消化率および可消化成分を表 5 および表 6 に示した。

粗脂肪消化率に一部有意差が見られたものの、可消化粗脂肪には差は認められなかった。一方、粗蛋白質消化率には顕著な供試品間の差が認められ、その結果として可消化粗蛋白質含量にも供試品間の差が明確に現れた。

TDN については、可消化有機物および可消化粗脂肪に差が現れなかったため、その結果として供試品間の差は生じず、乾物中 90%以上の安定した値を示した。各供試品とも

に暫定値(乾物中 88.7%)と比べて数パーセント高い値を示した。

以上より、豚における TDN 実測値は高い値で、安定していることが明らかになった。その一方で粗蛋白質の消化率には大きな差異が認められたことから、工場毎の適切な蛋白質栄養評価が必要であるといえた。

表5. 2008年度試験(豚)の供試品の消化率(%)

供試品No.	有機物	粗脂肪	粗蛋白質
1	68.4± 1.7	72.0± 10.0 b	94.3± 2.8 A
2	71.1± 2.8	75.5± 5.9	81.5± 3.8 B
3	68.6± 3.1	84.5± 3.8 a	61.2± 4.3 C
4	71.8± 2.1	74.2± 6.0	84.8± 2.4 B
ANOVA	NS	P<0.05	P<0.01

平均値±SD, n=6
同列異符号間有意差あり AB: P<0.01 ab: P<0.05

表6. 2008年度試験(豚)の供試品の可消化成分(すべて乾物中%)

供試品No.	有機物	粗脂肪	粗蛋白質	TDN
1	79.3± 0.5 b	9.0± 1.3	26.3± 0.7 A	90.6± 1.6
2	80.0± 0.8 ab	9.5± 0.7	21.6± 0.9 B	91.9± 1.6
3	79.2± 0.9 b	10.4± 0.5	16.8± 1.1 C	92.2± 1.4
4	80.5± 0.6 a	9.8± 0.8	22.2± 0.5 B	92.7± 0.8
ANOVA	P<0.05	NS	P<0.01	NS

平均値±SD, n=6
同列異符号間有意差あり ABC: P<0.01 ab: P<0.05

3) 鶏における代謝エネルギー(ME)と代謝率

各供試品の単味の ME および代謝率を表 7 に示した。

ME、代謝率ともに供試品間の差が認められ、No. 6(2.75Mcal/kg)と比較して No. 7(2.97Mcal/kg)が高い値を示し No. 5 と 8 はその中間の値を示した。また、暫定値(乾物中 3.27Mcal/kg、代謝率 58.8%)と比較すると総て低い値であり、4 件体の平均値は乾物中平均 2.86Mcal/kg であった。これは今後より多くのサンプルで検討する必要がある。

豚の場合には供試品間のエネルギー価の差は認められなかったが、鶏の場合にはその差が検出された。DDGS の工場間のエネルギー価の違いは、鶏の場合には 0.2Mcal/kg 程度の変動を見越して使用する必要性が示唆された。

表7. 2009年度試験(鶏)の供試品のMEと代謝率

供試品No.	ME (乾物中Mcal/kg)	代謝率 (%)
5	2.83± 0.07 AB	53.2± 1.2 AB
6	2.75± 0.12 Bb	51.6± 2.2 B
7	2.97± 0.05 A	55.1± 0.8 A
8	2.89± 0.10 ABa	53.4± 1.8 AB
ANOVA	P<0.01	P<0.01

平均値±SD, n=6
同列異符号間有意差あり AB: P<0.01 ab: P<0.05

4) まとめ

- (1) DDGS の *in vitro* 消化試験の結果から、現在の DDGS のエネルギー価値については工場間の差は大きくないことが示唆された。
- (2) 豚におけるエネルギー価には工場間差は見られず安定した値を示した。一方で粗蛋白質の消化率には顕著な工場間差が存在する事が明らかになった。
- (3) 鶏における代謝エネルギーには、工場間の差が検出され、0.2Mcal/kg 程度の差を考慮して使う必要が示唆された。

5. 参考文献

- 1) S.Boisen and JA.Fernandez. Prediction of the total tract digestibility of energy in feedstuffs and pig diets by *in vitro* analysis. *Animal Feed Science and Technology*. 68. 277-286. 1997.
- 2) 石橋晃編. 新編動物栄養試験法. 181-184. 養賢堂. 2001.
- 3) 自給飼料品質評価研究会編. 三訂版 粗飼料の品質評価ガイドブック. (社)日本草地畜産種子協会. 2009.
- 4) 古谷修、山本朱美、伊藤稔、青木幸尚. 豚の消化試験における指標物質としてのセライト添加酸不溶性灰分の利用. 日本養豚学会誌. 38. 171-176. 2001.

課題名：DDGS 給与がホルスタイン種、エアシャー種、ジャージー種のルーメン内容物、乳量、乳成分、乳中脂肪酸組成の品種間差及び給与に伴う経時的変化に及ぼす影響

日本獣医生命科学大学応用生命科学部動物化学科
教授 木村信熙

1 要約

同一条件で使用されているホルスタイン種 3 頭、エアシャー種 3 頭、ジャージー種 2 頭を用い、バイオエタノールの副産物である DDGS を配合飼料の乾物換算で 15% を 4 週間添加し、ルーメン液中プロトゾア数、揮発性脂肪酸 (VFA)、脂肪酸、乳量、乳成分、乳中脂肪酸の品種間差及び経時的変化を検討した。

プロトゾア数では DDGS 添加による品種間差及び経時的変化は見られなかった。VFA では DDGS 添加による品種間差及び経時的変化は見られなかった。酪酸、プロピオン酸は 3 品種ともほぼ同じ経時的変化であった。ルーメン液中脂肪酸組成では、DDGS 添加によりパルミトレイン酸ではホルスタイン種で、リノレン酸ではホルスタイン種とエアシャー種で試験期間の後半に増加していた ($p < 0.05$)。トランスバクセン酸では試験経過にともない 2 次曲線的变化を示した。

乳量は DDGS 添加による品種間差及び経時的変化は見られなかった。乳脂率ではホルスタイン種とエアシャー種で有意差はないが 2 週目を以降低下した。無脂固形分率では、ホルスタイン種とエアシャー種で有意差はないが 2 週目を以降増加した。

乳中脂肪酸組成のうちステアリン酸では試験開始時でホルスタイン種がエアシャー種より有意に低い値を示した ($p < 0.05$)。その後、試験経過により品種間差はなくなった。バクセン酸では、品種によってピークとなる週が異なるが試験の経過の伴い 2 次曲線的に推移した。CLA ではホルスタイン種及びエアシャー種でトランスバクセン酸同様 2 次曲線を示した。

以上の結果より、DDGS によるルーメン内容物、乳量、乳成分、乳中脂肪酸組成の大きな品種間差は見られなかった。また給与に伴う経時的変化では、乳中脂肪酸に人体に有効である CLA 等が 2 次曲線的経時的変化を示したことから、適正な給与システムにより牛乳の差別化が図られるかもしれない。また、現在 DDGS の価格がトウモロコシよりも低下していることから、DDGS 添加により乳量、乳成分に影響なく飼料コストの軽減が図られることが示唆された。

2 目的

近年、環境対策の一環でバイオエタノールの生産が増加している。バイオエタノールは主にトウモロコシのデンプン部分発酵蒸留し生産されている。この生産の際、副産物としてトウモロコシ蒸留粕 (DDGS) が産出される。これはトウモロコシからデンプン部分を差し引き、濃縮したものであることから、高蛋白、高脂肪であり、飼料として栄養価値の高いものである (図 1、2 参照、独立行政法人農業技術研究機構編 2002 高橋ら 2008)。また、反芻動

物ではタンパク質のバイパス率が高く、その利用性に期待される。最近では特に北海道での乳牛に対する利用が高まっている。

また、一方で(成分無調整)牛乳の消費が低迷しており、安定した酪農経営が難しくなっている。このことから牛乳の消費拡大と製造副産物などを用いた効率的牛乳生産を図っていく必要がある。

そこで、本事業を活用し、ホルスタイン種、エアシャー種及び参考としてジャージー種へ製造副産物である DDGS を添加した混合飼料を 4 週間給与し、ルーメン性状、血液成分、乳量、乳質の経時的にどのような影響があるのか検討し、DDGS の有効性、品種特性を利用しさらに有効成分の蓄積などからの差別化牛乳生産の可能性などを検討した。

3 材料及び方法

(1) 供試牛

供試牛は日本獣医生命科学大学附属富士アニマルファーム繋養のホルスタイン種 3 頭(分娩後日数 204.3 日、体重 657.3kg)、エアシャー種 3 頭 (分娩後日数 103.3 日、体重 598.0kg) ジャージー種 2 頭を用いた。

試験期間は 4 週間とした。

DDGS はアメリカ産(兼松株式会社)のものを用いた。DDGS の給与割合は配合飼料の乾物当たり 15%とした。DDGS の添加により粗タンパク質含量が飼料全体では 16.04%から 16.96%に、粗脂肪含量では 4.29%から 5.00%に増加した。可溶性無窒素物(NFE)では 49.06%から 46.88%に減少した。

給与方法は、1 日 4 回の配合飼料給与時のうち、朝 2 回目の給与時に 1 日の DDGS 給与量を添加・給与した。

(2) 測定項目

分析サンプルは全て DDGS 開始前日から 1 週間ごとに 4 週間の計 5 回とした。測定項目のうちルーメン液ではプロトゾア数、揮発性脂肪酸 (VFA) 割合、炭素数 8 から 18 の脂肪酸の組成、乳量、乳成分 (乳タンパク質、乳脂率、無脂固形分、乳中脂肪酸組成とした。また、ルーメン液及び乳中脂肪酸組成では抗癌作用、抗動脈硬化作用などがあるとされている共役リノール酸 (CLA、C18:2cis9trans11) とその代謝過程で産生されるトランスバクセン酸 (C18:1trans11) について検討した(Chujo2003、内田 2009)。

(3) 統計処理

得られたデータは、SAS の MIXED プロシジャーにより DDGS 給与に伴う経時的変化と品種間差を検討した。なお、ジャージー種は 2 頭であったため、統計処理は行わず参考資料とした。



図 1DDGS

表 1 本試験に用いた給与飼料の成分組成

	DDGS 給与前			DDGS 添加		
	配合飼料	粗飼料	配合 +粗飼料	配合飼料	粗飼料	配合 +粗飼料
水分(%)	8.81	7.71	8.19	9.33	7.71	8.42
粗灰分(%)	5.18	7.11	6.26	5.27	7.11	6.30
粗繊維(%)	5.53	24.51	16.16	6.15	24.51	16.43
粗脂肪(%)	7.36	1.87	4.29	8.99	1.87	5.00
粗タンパク質(%)	21.02	12.14	16.04	23.09	12.14	16.96
NFE(%)	52.11	46.66	49.06	47.16	46.66	46.88

表 2 本試験に用いた給与飼料の成分組成(%)

	DDGS	添加前飼料	添加飼料
C14:0	0.06	0.14	0.12
C16:0	13.91	14.08	14.06
C16:1	0.05	0.13	0.12
C18:0	2.43	2.70	2.66
VA	0.00	0.00	0.00
C18:1	25.89	24.47	24.69
C18:2	55.69	54.81	54.94
C18:3	1.23	3.10	2.82
CLA	0.04	0.07	0.07

VA: バクセン酸

CLA: 共役リノール酸



図 2 ホルスタイン



図 3 エアシャー

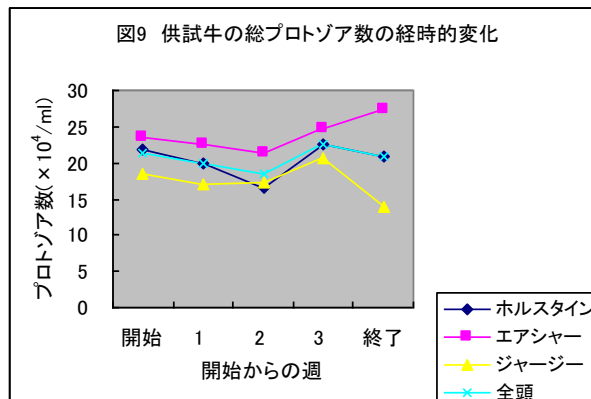
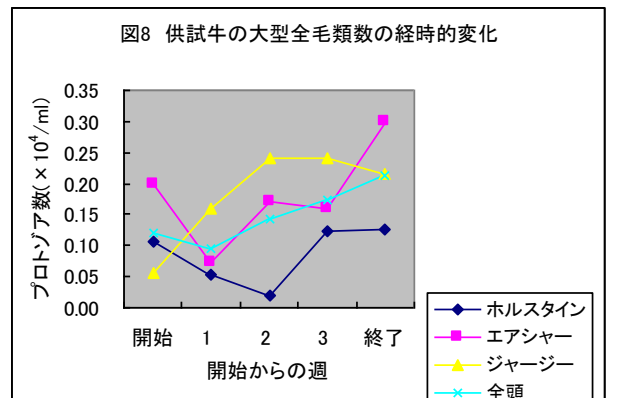
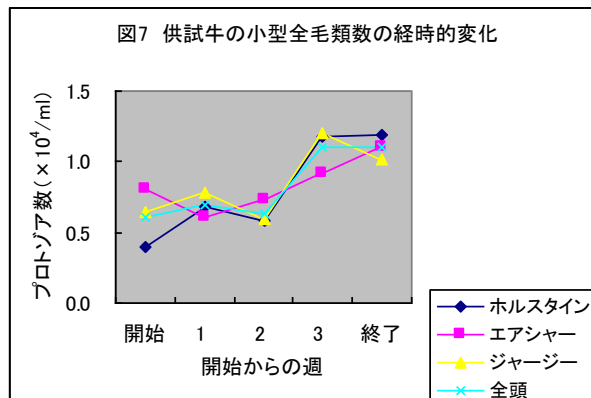
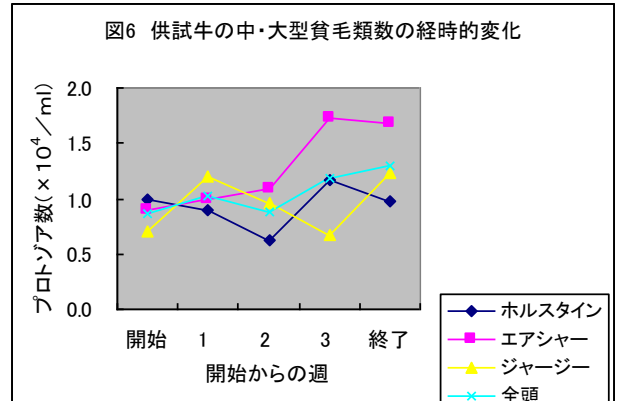
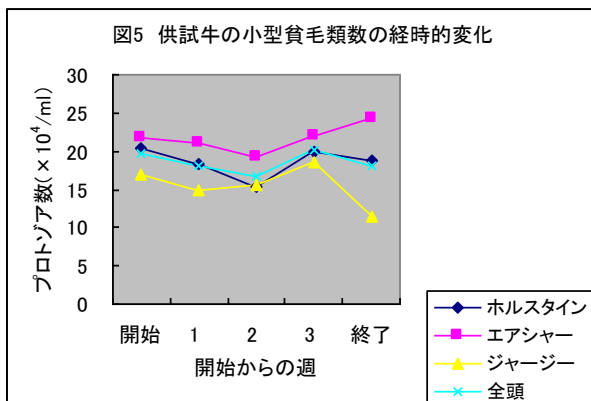


図 4 ジャージー

4 結果及び考察

(1) ルーメン液中プロトゾア数

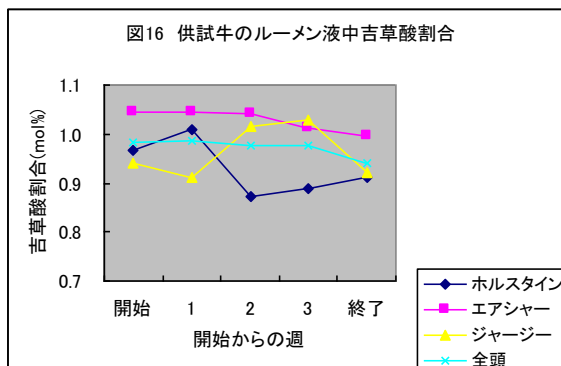
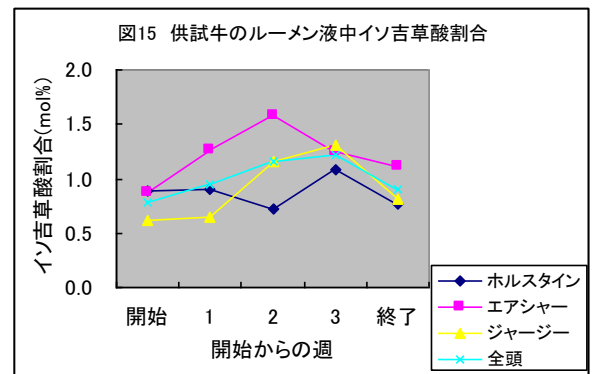
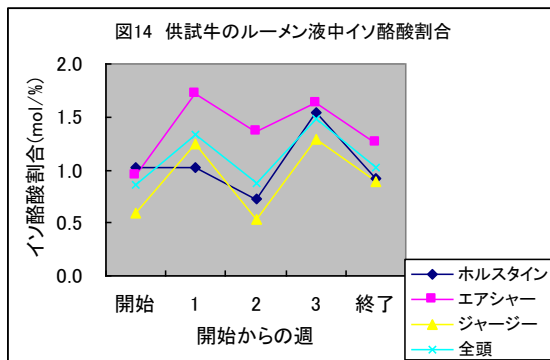
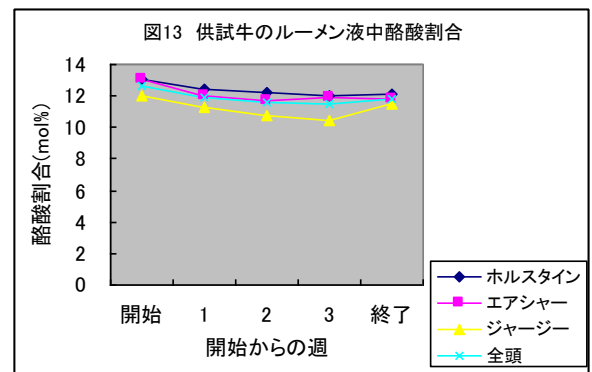
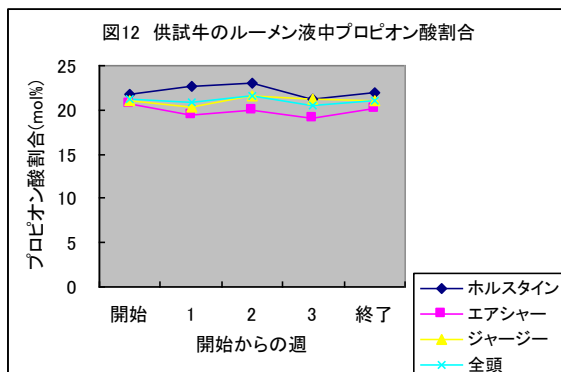
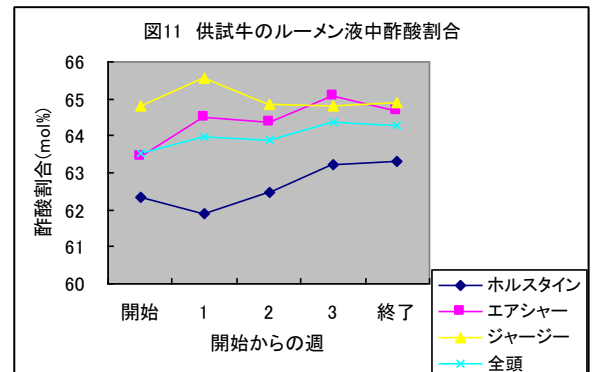
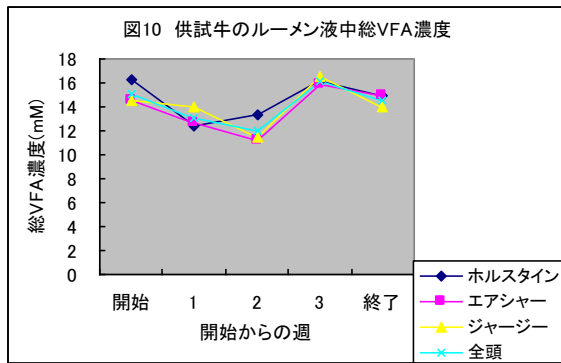
供試牛のルーメン液中プロトゾア数の経時的変化を図 5～9 に示した。品種間及び試験経過に伴う有意な変化は見られなかった。大型全毛類においてジャージー種が他の 2 品種と逆の経時的変化を示した。貧毛類ではデンプンや植物片などの粒状物質を栄養源とし、繊維やタンパク質の分解などに寄与し、全毛類はグルコースやフルクトースの可溶性糖類を好む(佐々木監修 1998) ことから、DDGS 添加によるデンプンの低下や蛋白の質の増加などから変化が見られる可能性があったが、本試験では DDGS 給与の影響は見られなかった。



(2) ルーメン液中 VFA

供試牛のルーメン液中 VFA 割合の経時的変化を図 10～16 に示した。総 VFA 濃度では、3 品種ともほぼ同様の経時的変化を示した。試験期間中増減があり、試験経過に伴う一定の傾向は見られなかった。VFA の中で最も割合の多い酢酸ではホルスタインとエアシャー種で似かよった経時的変化を示し、試験経過に伴い若干増加した。各測定時点における品種間差と週ごとの違いは見られなかった。試験期間を通じてホルスタイン種が低い値で推移していた。プロピオン酸と酪酸では 3 品種ともほぼ同様の経時的変化を示し、プロピオン酸では試験期間中ほぼ一定であった。酪酸では試験経過に伴い若干減少した。イソ酪酸では、有意差はないが 3 品種とも試験開始 2 週目に減少した。イソ吉草酸では、エアシャー種が 2 週目をピークとして 2 次曲線の変化を示し、試験開始 2 週目にホルスタイン種より高い傾向を示した

($p < 0.1$)。吉草酸では品種間差及び試験経過に伴う一定の傾向は見られなかった。



(3) ルーメン液中脂肪酸組成

供試牛のルーメン液中脂肪酸組成の経時的変化を表 2 に示した。どの時点においても脂肪酸組成に品種間差は見られなかった。ミリスチン酸(C14:0)のジャージー種を除き全ての脂肪酸で 3 品種ともほぼ同様の経時的変化を示した。ホルスタイン種のパルミトレイン酸(C16:1)では試験期間の後半に増加した(p<0.05)。ルーメン液中脂肪酸組成の経時的は DDGS の添加の影響を受けステアリン酸 (C18:0) が減少し、オレイン酸(C:18:1)、リノール酸(C18:2)、リノレン酸(C18:3)が増加した。ステアリン酸、オレイン酸、リノール酸は慣行飼料に DDGS を添加することで、飼料中の割合が変化した内容を反映している。しかしながら、リノレン酸は慣行飼料に DDGS を添加することで低下した脂肪酸でありながらルーメン液中では 1 週目で若干減少したもののその後増加していた。これは微生物の作用によりより高度な不飽和脂肪酸がリノレン酸に変換されたのかもしれない。

また、CLA は試験経過とともに減少する傾向を示した。トランスバクセン酸は試験経過とともに 2 次曲線の経時的変化を示した。バクセン酸は飼料中には検出されなかったが、ルーメン液中に存在することから、前駆物質である CLA から微生物の水素添加作用により産生されたと思われる。しかしながら、バクセンの経時的変化が 2 次曲線的であったことから、ルーメン環境、微生物叢に適応容量があるのかもしれない。この点についてはさらなる検討が必要である。

表 2 供試牛のルーメン液中脂肪酸組成の経時的変化(%)

		試験開始からの週				
		開始	1	2	3	終了
C14:0	ホルスタイン	1.17	1.34	1.57	1.54	1.93
	エアシャー	1.33	1.36	1.52	1.52	1.85
	ジャージー	1.38	2.39	1.85	2.50	2.28
	全頭平均	1.29	1.70	1.65	1.85	2.02
C16:0	ホルスタイン	20.28	18.97 a	20.07	21.51	23.49 b
	エアシャー	21.21	18.73	21.04	22.24	21.48
	ジャージー	20.08	20.50	19.66	21.66	23.15
	全頭平均	20.52	19.40	20.26	21.80	22.70
C16:1	ホルスタイン	0.81 abc	0.70 a	0.73 ac	1.04 bc	1.08 b
	エアシャー	0.91	0.66 a	0.80	1.04 b	0.96
	ジャージー	0.79	0.89	0.78	1.18	1.17
	全頭平均	0.84	0.75	0.77	1.08	1.07
C18:0	ホルスタイン	55.95	58.60 a	57.66	54.41	49.64 b
	エアシャー	55.81	60.08	56.81	51.92	52.38
	ジャージー	56.17	55.38	55.14	53.30	46.53
	全頭平均	55.98	58.02	56.53	53.21	49.51
VA	ホルスタイン	1.73	1.98	1.96	1.71	1.53

	エアシャー	1.57	1.64	1.67	1.47	1.36
	ジャージー	1.48	1.68	1.67	1.66	1.25
	全頭平均	1.59	1.77	1.77	1.61	1.38
	ホルスタイン	6.39	5.81	5.84	6.55	7.66
C18:1	エアシャー	6.15	5.71	5.95	7.55	7.18
	ジャージー	6.47	5.60	6.53	6.34	8.15
	全頭平均	6.34	5.70	6.11	6.81	7.66
	ホルスタイン	5.23	4.80	4.01	4.90	6.13
C18:2	エアシャー	5.36	4.86	4.39	5.99	6.73
	ジャージー	5.09	4.56	6.47	3.75	7.96
	全頭平均	5.23	4.74	4.95	4.88	6.94
	ホルスタイン	0.79 b	0.62 b	0.72 b	0.82 b	1.15 a
C18:3	エアシャー	0.62 ad	0.47 a	0.56 ac	0.80 bcd	1.00 b
	ジャージー	0.62	0.75	0.68	0.91	1.26
	全頭平均	0.68	0.61	0.65	0.84	1.14
	ホルスタイン	3.14	3.09	2.74	2.53	1.69
CLA	エアシャー	2.46	2.55	2.41	2.51	1.68
	ジャージー	2.84	3.07	2.28	2.58	2.02
	全頭平均	2.81	2.90	2.48	2.54	1.79
	ホルスタイン	18.09	17.00	16.00	17.55	19.24
USFA	エアシャー	17.08	15.89	15.78	19.36	18.92
	ジャージー	17.26	16.53	18.38	16.42	21.79
	全頭平均	17.48	16.47	16.72	17.78	19.98
	ホルスタイン	81.91	83.00	84.00	82.45	80.76
SFA	エアシャー	82.92	84.11	84.22	80.64	81.08
	ジャージー	82.74	83.47	81.62	83.59	78.22
	全頭平均	82.52	83.53	83.28	82.22	80.02

VA:バクセン酸, CLA:共役リノール酸

USFA:不飽和脂肪酸, SFA: 飽和脂肪酸

a,b,c,d:異符号間で週の間有意差あり(P<0.05)

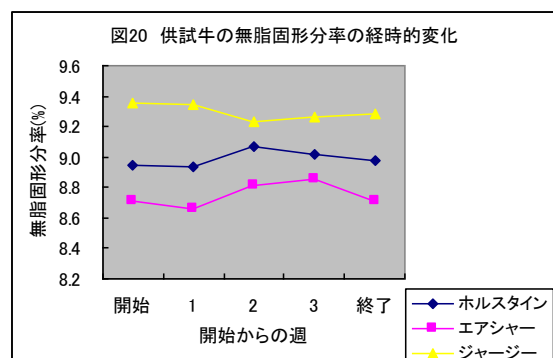
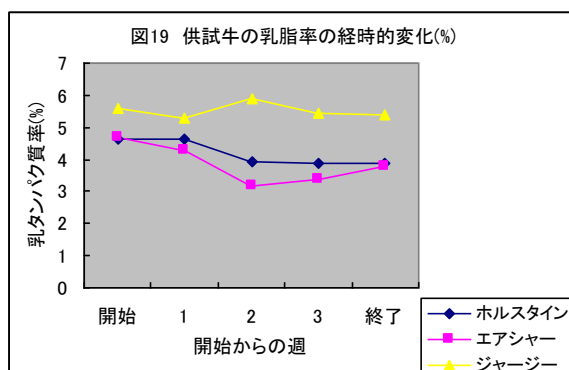
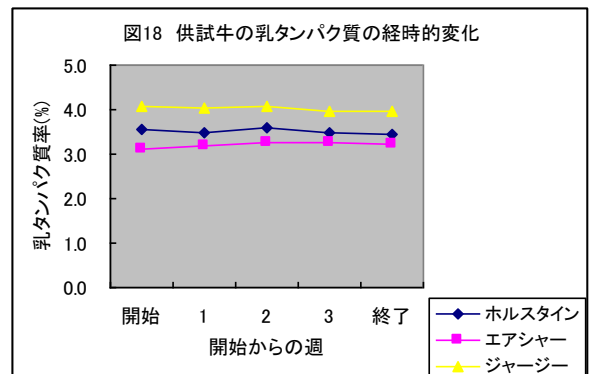
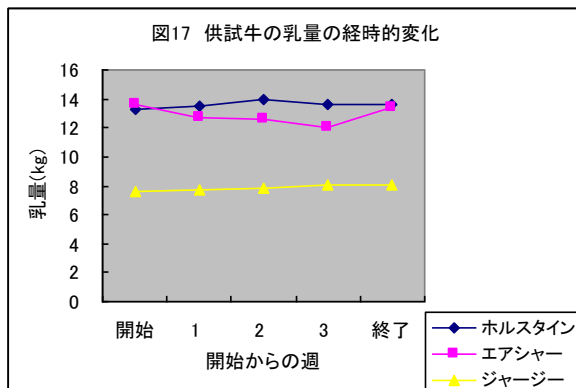
(4) 乳量・乳成分

供試牛の朝搾乳時の乳量の経時的変化を図 17 に示した。ホルスタイン種では試験期間を通じて 13.0kg から 14.0kg の範囲であり、DDGS 給与に伴う一定の傾向は見られなかった。エアシャー種は試験開始から 3 週目にかけて若干減少したが、最終週では試験開始時とほぼ同様の 13.4kg となった。ジャージー種は、統計処理はしていないが試験開始時で 7.6kg でありその後若干増加し、終了時では 8.1kg となった。

乳タンパク質率を図 18 に示した。有意差はないがホルスタイン種とジャージー種では試験の経過と共に若干減少した。エアシャー種ではわずかな増加を示した。

乳脂率ではホルスタイン種とエアシャー種で有意差はないが 2 週目以降低下した。ジャージー種はほぼ同様の値で推移した。

無脂固形分率では、ホルスタイン種とエアシャー種で有意差はないが 2 週目以降増加した。ジャージー種は 2 週目以降若干減少した。



(5) 乳中脂肪酸組成

供試牛の主要な乳中脂肪酸組成を表 3 に示した。ステアリン酸(C18:0)では試験開始時でホルスタイン種が 9.88%であり、エアシャー種が 14.29%とホルスタイン種が有意に低い値を示した($p<0.05$)。その後、試験経過により品種間差はなくなった。バクセン酸では、品種によってピークとなる週が異なるが試験の経過に伴い 2 次曲線的に推移した(図 21)。前述のルーメン液中脂肪酸組成においてもトランスバクセン酸は試験経過に伴い 2 次曲線を示しており、このルーメン液中の脂肪酸組成の推移が乳中脂肪酸に影響したのかもしれない。DDGS 添加により給与飼料中低下割合の大きかったリノレン酸では有意差はないがホルスタイン種では給与開始 1 週間後に低下しその値のまま推移した(図 22)。エアシャー種では 1 週間後に低下したが、最終週では開始時以上の値となった。CLA ではホルスタイン種及びエアシャー種でトランスバクセン酸同様 2 次曲線を示した(図 23)。

表 3 供試牛の乳中脂肪酸組成の経時的変化

		試験開始からの週				
		開始	1	2	3	終了
C14:0(%)	ホルスタイン	14.69	13.58	13.54	13.82	13.55
	エアシャー	13.02	12.01	12.81	11.50	12.47
	ジャージー	11.87	10.75	12.24	11.92	12.09
	全頭平均	13.19	12.11	12.86	12.41	12.70
C16:0(%)	ホルスタイン	35.96	33.85	33.05	33.29	34.08
	エアシャー	32.85	31.40	31.37	30.02	30.28
	ジャージー	39.69	36.10	37.57	36.98	37.90
	全頭平均	36.17	33.78	34.00	33.43	34.09
C16:1(%)	ホルスタイン	0.57	0.63	0.58	0.61	0.57
	エアシャー	0.63	0.68	0.56	0.65	0.56
	ジャージー	0.55	0.57	0.50	0.54	0.52
	全頭平均	0.58	0.62	0.55	0.60	0.55
C18:0(%)	ホルスタイン	9.88a	11.88	11.25	11.84	11.48
	エアシャー	14.29b	14.11	13.99	14.15	14.88
	ジャージー	11.23	11.99	14.30	14.30	13.74
	全頭平均	11.23	12.66	13.18	13.43	13.37
VA(%)	ホルスタイン	0.57	0.95	0.97	0.82	0.73
	エアシャー	0.73	0.73	1.00	0.90	0.76
	ジャージー	0.59	0.71	0.88	0.84	0.71
	全頭平均	0.63	0.80	0.95	0.85	0.73
C18:1(%)	ホルスタイン	19.26	22.74	24.05	23.05	23.40
	エアシャー	21.94	25.33	23.95	27.70	25.02
	ジャージー	19.38	23.03	17.86	19.71	19.61
	全頭平均	20.19	23.70	21.95	23.49	22.68
C18:2(%)	ホルスタイン	2.79	3.13	3.37	3.21	3.66
	エアシャー	2.36	2.77	2.68	2.50	3.34
	ジャージー	3.65	4.53	2.55	2.59	3.09
	全頭平均	2.93	3.48	2.87	2.76	3.36

C18:3(%)	ホルスタイン	0.47	0.40	0.40	0.41	0.42
	エアシャー	0.38	0.32	0.34	0.33	0.45
	ジャージー	0.44	0.48	0.41	0.45	0.46
	全頭平均	0.43	0.40	0.39	0.40	0.44
CLA(%)	ホルスタイン	0.58	0.79	0.90	0.88	0.80
	エアシャー	0.51	0.61	0.82	0.75	0.70
	ジャージー	0.54	0.83	0.63	0.71	0.72
	全頭平均	0.54	0.74	0.78	0.78	0.74
SFA(%)	ホルスタイン	75.76	71.37	69.73	71.00	70.41
	エアシャー	73.46	69.56	70.66	67.17	69.17
	ジャージー	74.88	69.89	77.18	75.19	74.92
	全頭平均	74.70	70.27	72.52	71.12	71.50
USFA(%)	ホルスタイン	24.24	28.63	30.27	29.00	29.59
	エアシャー	26.54	30.44	29.34	32.83	30.83
	ジャージー	25.13	30.12	22.82	24.82	25.08
	全頭平均	25.30	29.73	27.48	28.88	28.50
USFA/SFA	ホルスタイン	0.32	0.41	0.44	0.41	0.42
	エアシャー	0.36	0.45	0.41	0.49	0.45
	ジャージー	0.34	0.45	0.30	0.33	0.34
	全頭平均	0.34	0.43	0.38	0.41	0.40

最小二乗平均値

ab: 異符号間に有意差有り(p<0.05)

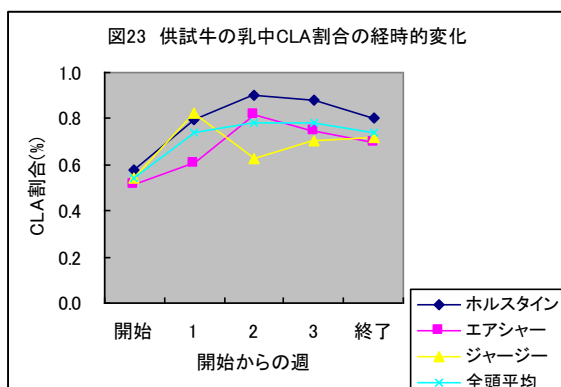
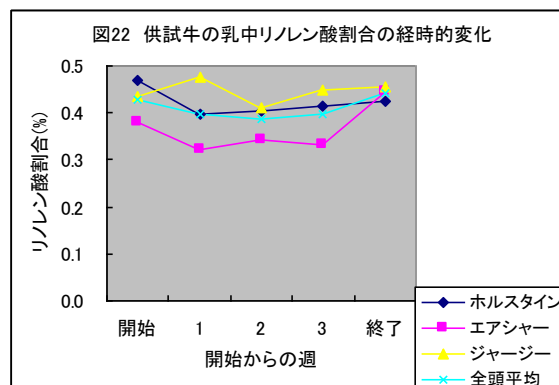
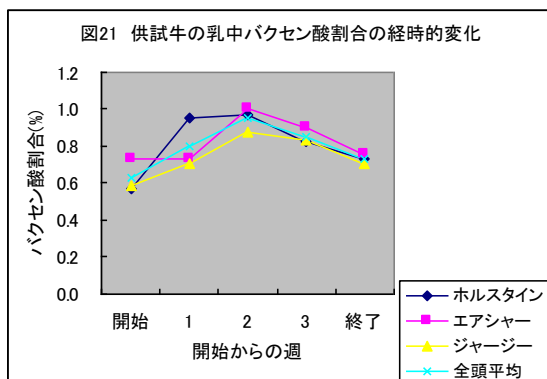
VA: バクセン酸

CLA: 共役リノール酸

SFA: 飽和脂肪酸の合計割合

USFA: 不飽和脂肪酸の合計割合

USFA/SFA: 不飽和度



(6) コスト及び実用性

本試験で使用した DDGS は、輸送の工夫などから現在約 22 円/kg であり、トウモロコシよりも安価となっている。配合飼料を 50 円/kg とし、本試験の 15% 添加では約 47.5 円/kg となり、飼料費削減に有効である。また、本試験結果から乳量・乳成分にはほとんど影響なかった。また、人体への有効性が期待される CLA などは DDGS の添加により増加することが言われている(内田 2009)。本試験においても CLA やトランスバクセン酸で給与経過に伴い 2 次曲線的变化を示したことから、給与システムの工夫により人体への有効成分を含んだ牛乳としての差別化商品の開発も期待される。

これらのことから、DDGS の乳牛への給与は酪農経営上非常に有効であると考えられる。

5 参考文献

Chujo H, Yamasaki M, Nou S, Koyanagi N, Tachibana H, Yamada K. 2003 Effect of conjugated linoleic acid isomers on growth factor-induced proliferation of human breast cancer cells. *Cancer Lett* **202**, 81-87

独立行政法人農業技術研究機構編. 2002. 日本標準飼料成分表(2001 年版). 76-79. 中央畜産会, 東京.

佐々木康之監修、小原嘉昭編. 反芻動物の栄養生理学. 90-92. 農文教、東京

内田江一郎, 2009. 新たな飼料資源の有効性. *DAIRYMAN*. 2: 112-116.

課題名：早期出荷のホルスタイン去勢肥育牛の肥育後期 DDGS 給与が産肉形質に及ぼす影響

日本生命科学大学応用生命科学部動物科学科
教授 木村信熙

1 要約

生後 11 ヶ月齢のホルスタイン種去勢肥育牛 30 頭を用い、TMR 飼料に重量比 10% の DDGS を添加した飼料を出荷 3 ヶ月間給与し、産肉形質に及ぼす影響を検討した。採食量では試験期間を通じて DDGS 区が少なかった。体重、胸囲では試験区間に差はなく、DDGS 区で採食量が少なかったことから DDGS は消化性の良い飼料であると推察される。

ビタミン E では DDGS 区が対照区より高い傾向を示した ($p < 0.1$)。尿素態窒素では DDGS 区が有意に高い値を示したが ($p < 0.05$)、疾病の原因となる値ではなかった。

枝肉格付では、肉量に関する項目には差は見られなかった。BCS では DDGS 区が高い値を示した ($p < 0.05$)。BMS、BFS には差は見られなかった。格付等級では DDGS 区で C2 が 2 頭、対照区で C2 が 1 頭であり、その他は全て B2 であった。

第 7 肋骨上胸最長筋の成分組成では試験区間の差は見られなかった。皮下脂肪色では、L 値(明度)において DDGS 区が高い傾向を示した ($p < 0.1$)。胸最長筋の肉色では切開 48 時間後では、a 値 b 値において DDGS 区が高い値を示した ($p < 0.1, 0.05$)。胸最長筋、皮下脂肪および腎臓周囲脂肪の脂肪酸組成を表 10 に示した。全ての部位において有意な差は見られなかった。

試験期間中の 1 頭あたりの飼料費を計算すると DDGS 区が 8299.8 円安価となった。枝肉販売価格では DDGS 区が有意差はないが 7310.2 円安価となった。しかしながら、飼料費が 1 頭あたり 8299.8 円安価であることからトータルで DDGS 区が 989.6 円収益性が高くなった。

早期出荷のホルスタイン去勢牛への DDGS 給与は血液中ビタミン E の向上から牛肉の脂質酸化が抑制され、保存性に優れた牛肉生産の可能性が期待できることから、経済性の向上と差別化牛肉の生産が期待できる。

2 目的

近年、環境対策の一環でバイオエタノールの生産が増加している。バイオエタノールは主にトウモロコシのデンプン部分を発酵蒸留し生産されている。この生産の際、副産物としてトウモロコシ蒸留粕 (DDGS) が産出される。これはトウモロコシからデンプン部分を差し引き、濃縮したものであることから、高蛋白、高脂肪であり、飼料として栄養価値の高いものである(図 1、2 参照、独立行政法人農業技術研究機構編 2002 高橋ら 2008)。また、反芻動物ではタンパク質のバイパス率が高くその利用性に期待される。

しかし、DDGS は豚・鶏産業、海外等での利用は拡大されつつあるものの、わが国の肉用牛への活用方法が確立していないことから利用が進んでいない。

一方、ホルスタイン去勢肥育産業では、飼料価格の高騰と枝肉販売価格の低迷から経営が不安定となっている。特に「イヤリングビーフ」と言われるホルスタイン種去勢肥育の早期出

荷においては、可能な限りの飼料費節減などによる効率化を図る必要がある。

このため、栄養価値が高く価格の低下してきた DDGS を早期出荷のホルスタイン去勢肥育牛に給与することで、コスト削減による経営安定が図られる可能性がある。

そこで、本事業を活用し、早期出荷しているホルスタイン去勢肥育牛の肥育後期に DDGS 混合飼料を給与し産肉形質にどのような影響があるのか検討した。

3 材料及び方法

(1) 実施場所

北海道所在肉用牛肥育農場を利用した。

(2) 供試動物

供試牛は、約 11 ヶ月齢のホルスタイン種去勢牛 16 頭 (DDGS 区 15 頭、対照区 15 頭) とした。DDGS 区は、対照区飼料量の 10% の DDGS を添加し不断給餌で給与した (表 1、2 参照)。飼料にはトウモロコシサイレージを加えた TMR である。給与期間は出荷前 3 ヶ月間とした。DDGS の添加割合については肉用牛では 20~30% が適切であるという報告 (Leupp 2009a,b) もあるが、今回協力いただいた農場で用いている飼料はトウモロコシサイレージを加えた TMR であり、脂質への β カロテンの以降による脂肪色の黄色化が懸念されるため、今回は前述の担架割合とした。

本試験において DDGS 区に給与した飼料は対照区と比較すると粗タンパク質含量では 1.12%、粗脂肪含量では 0.88% 増加した。可溶性無窒素物 (NFE) では 2.20% 減少した。以上の結果 TDN では 0.56% の減少となった。

(3) 測定項目

生体における測定項目は、体重、体高、胸囲とし、試験期間中 1 ヶ月に 1 回測定した。出荷時に血液成分 (ビタミン A、 β カロテン、ビタミン E、総蛋白質、尿素態窒素、総コレステロール) を測定した。

供試牛の枝肉格付は、日本食肉格付協会実施の格付結果を用いた。

肉質分析項目は、第 7 肋骨上胸最長筋の水分、粗脂肪、粗タンパク質含量、脂肪酸組成、肉色、皮下脂肪では脂肪色と脂肪酸組成、腎臓周囲脂肪の脂肪酸組成とした。なお、肉色は胸最長筋を薄切してから (空気に触れてから) 1 時間後と好気下で 4℃ で 48 時間保存したものを測定し、その変化量を比較した。

(4) 統計処理

生体における産肉形質の測定値の経時的変化は SAS の GLM プロシジャーを用い開始時の測定値を補正要因として分散分析し、危険率 5% で試験区間差を比較した。産肉形質の期間 1 日増加量の変化は MIXED プロシジャーを用いて比較した。測定項目の試験全期間の 1 日増加量は GLM プロシジャーを用いて開始時の測定値を補正要因として試験区間差を検討した。肉質分析項目は GLM プロシジャーを用いて出荷月齢を補正要因として分散分析し、

危険率 5%で DDGS 給与の影響を検討した。



図 1 DDGS



図 2 DDGS 区飼料

表 1 本試験に用いた DDGS と給与飼料の乾物中成分組成

	DDGS	DDGS 区	対照区
灰分(%)	5.21	5.42	5.45
粗タンパク質(%)	28.66	18.55	17.43
粗脂肪(%)	12.84	4.91	4.03
粗繊維(%)	7.33	5.34	5.12
NFE(%)	45.96	65.77	67.97
TDN(%)	81.29	83.74	84.30

表 2 本試験に用いた DDGS と給与飼料の脂肪酸組成

	DDGS	DDGS 区	対照区
C14:0(%)	0.06	0.58	0.64
C14:1(%)	0.01	0.44	0.49
C16:0(%)	13.91	16.22	16.38
C16:1(%)	0.05	0.09	0.11
C17:0(%)	0.08	0.00	0.00
C18:0(%)	2.43	2.38	2.39
C18:1(%)	25.89	25.18	25.10
C18:2(%)	55.69	51.64	51.19
C18:3(%)	1.23	3.46	3.71
US/S	5.03	4.21	4.15

US/S: 不飽和脂肪酸/飽和脂肪酸

4 結果及び考察

(1) 採食量

表 3 に供試牛の 1 日 1 頭あたりの濃厚飼料採食量を示した。試験開始から 1 ヶ月後では DDGS 区が 11.3kg/日、対照区が 12.1kg/日と 0.8kg 対照区が多く採食し、その後も DDGS 区が約 1kg/日対照区より少なかった。試験全期間では DDGS 区が対照区より 0.9kg 少なかった。

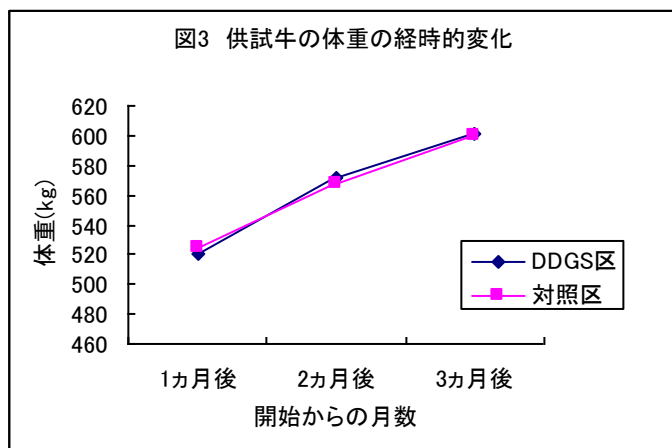
表 1 の TDN 割合を参考に 1 日 1 頭あたりの TDN 摂取量を計算すると、DDGS 区が 10.22kg、対照区が 11.04kg と DDGS 区が 0.82kg 少なかった。DDGS はトウモロコシからデンプン質を取り除いたものであることから NFE や TDN が少なくなることから総エネルギー量が少なくなった。

表 3 供試牛の 1 日 1 頭あたりの採食量(kg)

	DDGS 区	対照区
開始～1 ヶ月後	11.3	12.1
1～2 ヶ月後	12.2	13.2
2 ヶ月後～終了	13.5	14.4
開始～終了	12.2	13.1

(2) 体重

供試牛の体重の最小二乗平均値の経時的变化を図 2 に示した。試験開始から終了時までほぼ同様であり、試験終了時では DDGS 区 601.3kg、対照区が 599.7kg であった。採食量および TDN 摂取量は DDGS 区が対照区より少なかったが、体重は同様であり DDGS は若齢のホルスタイン去勢牛にとって消化・吸収の良い飼料かもしれない。



供試牛の DG は、試験開始から 1 ヶ月後と 2 ヶ月後から終了まででは DDGS 区が対照区より低かったが、1 から 2 ヶ月後では有意差はないが DDGS 区が大きな増加を示した(表 4)。試験開始から終了まででは DDGS 区が 1.10kg/日、対照区が 1.23kg/日と有意差はないが DDGS 区が若干小さかった。DG の経時的变化を見ると両試験区とも 1～2 ヶ月後の DG が試

験開始から1ヵ月後までのDGより有意に高い増加を示した。対照区も同様の増加傾向であり、試験環境によるものではないかと考えられるが、試験区間を比較すると増加割合が高くDDGSの影響かもしれない。

これらのことから、DDGS給与は体重増加に若干違いが見られるもの、体重には大きな影響は与えない可能性が示唆された。

表4 供試牛のDGの最小二乗平均値の経時的変化(kg/日)

	DDGS区	対照区	有意性
開始～1ヵ月後	1.13±0.50a	1.19±0.35	Ns
1～2ヵ月後	1.75±0.40b	1.51±0.27	ns
2ヵ月後～終了	1.36±0.27	1.44±0.48	ns
開始～終了	1.10±0.20	1.23±0.19	ns

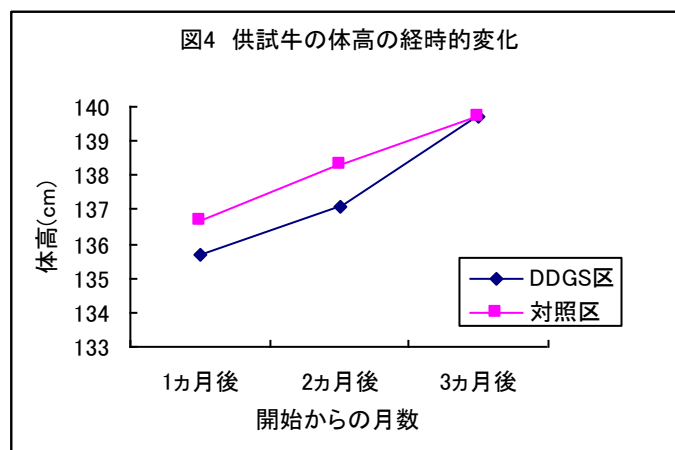
最小二乗平均値±SD

ns : 有意差無し (p>0.1)

a, b : DDGS区内で異なる文字間に有意差有り (p<0.05)

(3) 体高

供試牛の体高の最小二乗平均値の経時的変化を図4に示した。試験開始後1ヵ月後ではDDGS区が135.7cm、対照区が136.7cmであり、有意差はないが1.0cmDDGS区が低かった。試験終了時ではDDGS区、対照区とも139.7cmと同様の値であった。



供試牛の体高の1日増加量はどの期間においても試験区間差は見られず、ほぼ同様であった。試験開始から終了までではDDGS区が0.12cm/日であり、対照区が0.13cmであった。このことから、体高に関しては若齢のホルスタイン去勢肥育牛の出荷前3ヵ月間のDDGS給与の影響はほとんどないことが示唆された。

表 5 供試牛の体高の 1 日増加量の最小二乗平均値の経時的変化

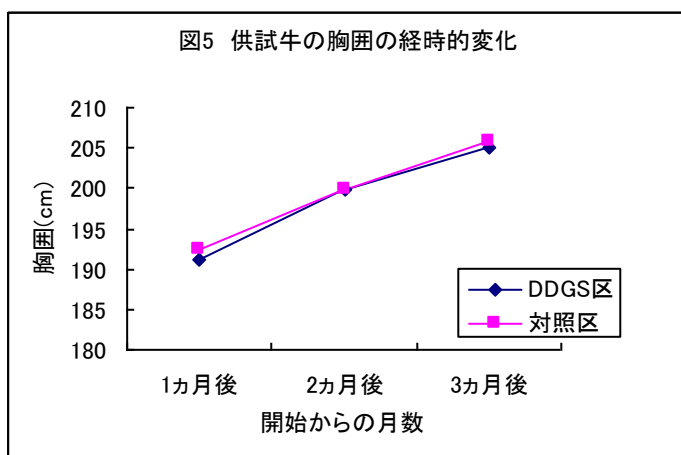
	DDGS 区	対照区	有意性
開始から 1 ヶ月後	0.20±0.09a	0.22±0.05a	Ns
1～2 ヶ月後	0.05±0.11b	0.05±0.05b	Ns
2 から 3 ヶ月後	0.11±0.07	0.07±0.07b	Ns
開始から 3 ヶ月後	0.12±0.03	0.13±0.03	Ns

最小二乗平均値±SD

ns : 有意差無し (p>0.1)

(4) 胸囲

供試牛の胸囲の最小二乗平均値の経時的変化を図 4 に示した。試験開始 1 ヶ月後では DDGS 区が 191.1cm、対照区が 192.5cm であり、その後もほぼ同様の増加を示した。試験終了時では DDGS 区が 205.0cm、対照区が 205.9cm であった。



供試牛の胸囲の 1 日増加量は、試験開始からほぼ同様の増加量を示した。また、1 ヶ月のごとに 1 日増加量を見ても DDGS 区と対照区ではほぼ同様 0.19cm から 0.28cm であった。

これらのことから、若齢のホルスタイン去勢肥育牛への DDGS 給与は胸囲に影響を及ぼさないことが示唆された。

表 6 供試牛の胸囲の 1 日増加量の最小二乗平均値の経時的変化 (cm/日)

	DDGS 区	対照区	有意性
開始から 1 ヶ月後	0.19±0.07	0.20±0.10	ns
1～2 ヶ月後	0.28±0.10	0.27±0.12	ns
2 から 3 ヶ月後	0.27±0.14	0.24±0.18	ns
開始から 3 ヶ月後	0.23±0.03	0.24±0.05	ns

最小二乗平均値±SD

ns : 有意差無し (p>0.1)

以上のことから、若齢のホルスタイン去勢肥育牛への DDGS10%添加飼料の給与は成長に影響をほとんど及ぼさないことが示唆された。

(5) 血液成分

供試牛の血液成分の最小二乗平均値を表 7 に示した。ビタミン E では DDGS 区が対照区より高い傾向を示した($p<0.1$)。これは DDGS にビタミン E が豊富に含まれている(独立行政法人農業技術研究機構編 2001 高橋ら 2008)ことから血液に移行したと考えられる。ビタミン E は抗酸化作用があり肉の鮮度保持に有効であると推察される。本事業の通常のホルスタイン去勢牛を用いた試験結果では TBA 値において有意ではないが DDGS 区が低い値を示していることからその有効性が伺える。尿素態窒素では DDGS 区が 15.45mg/dl、対照区が 13.71mg/dl と DDGS 区が有意に高い値を示した($p<0.05$)。DDGS は粗タンパク質含量が高く、また、ルーメンバイパス率も高いとされていることから尿素態窒素が高くなったと推察される。尿素態窒素はタンパク質の摂取と尿素窒素の腎臓での排泄を反映する。一般に肥育前期では 6~18mg/dl の範囲であるとされている(全国家畜畜産物衛生指導協会 2000)。今回の DDGS 区の値は対照区より高いものの疾病の原因となるほどの高さではないと推察される。その他の項目については DDGS 給与による影響は見られなかった。

表 7 供試牛の血液成分の最小二乗平均値

	DDGS 区	対照区	有意性
ビタミン A(IU/dl)	81.30±13.66	82.60±9.75	ns
β カロテン(μ g/dl)	10.36±3.39	9.95±2.25	ns
ビタミン E(μ g/dl)	207.92±65.34	170.08±29.63	ns
総蛋白質(g/dl)	7.16±0.31	7.18±0.27	ns
尿素態窒素(mg/dl)	15.45±1.97	13.71±2.09	*
総コレステロール(mg/dl)	131.40±32.23	121.20±20.94	ns

最小二乗平均値±SD

ns : 有意差無し ($p>0.1$)

* : 有意差有り ($p<0.05$)

(6) 格付結果

供試牛の枝肉格付結果を表 7 に示した。肉量に関する項目はすべて有意差がなく、ほぼ同様の値であった。BCS において DDGS 区が全て No.4 であったが、対照区で No.3 が 4 頭いたため、DDGS 区が有意に高い値を示した($p<0.05$)。BMS は全ての供試牛で No.2 であり、差は見られなかった。また、BFS においても全て No.2 であり試験区間に差は見られなかった。格付等級では DDGS 区で C2 が 2 頭、対照区で C2 が 1 頭であり、その他は全て B2 であった。

表 8 供試牛枝肉格付結果および枝肉歩留の最小二乗平均値

	DDGS 区	対照区	有意性
枝肉重量(kg)	329.1±19.1	337.6±18.0	ns
枝肉歩留(%)	54.68±1.56	55.30±1.35	ns
胸最長筋面積(cm ²)	37.0±4.0	36.3±2.9	ns
バラ厚(cm)	4.31±0.49	4.54±0.40	ns
皮下脂肪厚(cm)	1.33±0.29	1.29±0.34	ns
歩留基準値(%)	69.74±0.71	69.72±0.53	ns
BCS(No.)	4.0±0.0	3.72±0.46	*

最小二乗平均値±SD

ns : 有意差無し (p>0.1)

* : 有意差有り (p<0.05)

(7) 胸最長筋中の成分組成

供試牛の第 7 及び第 13 肋骨上の胸最長筋の水分、粗脂肪、粗タンパク質含量を表 10 に示した。どの項目においても試験区間に有意な差は見られず、ほぼ同様の値であった。

このことから DDGS 給与は胸最長筋の成分組成に影響を与えないことが示唆された。

表 9 供試牛の第 7 肋骨上胸最長筋の成分組成の最小二乗平均値

	DDGS 区	対照区	有意性
水分(%)	69.63±1.71	68.78±2.22	ns
粗脂肪(%)	7.93±2.29	8.62±2.77	ns
粗蛋白(%)	20.68±0.95	20.91±0.81	ns

最小二乗平均値±SD

ns : 有意差無し (p>0.1)

(8) 皮下脂肪及び胸最長筋の色

供試牛の第 7 肋骨上皮下脂肪及び胸最長筋の色とその変化を表 12 に示した。皮下脂肪色では、L 値(明度)において DDGS 区が高い傾向を示した(p<0.1)。これについては、明確な考察は難しいが、体脂肪蓄積の盛んに時期にリノール酸割合の高い粗脂肪、バイパス率の高い粗タンパク質の摂取により、脂肪細胞形成に何らかの影響を及ぼしたのかもしれない。a 値においては DDGS 区が低い値であったが、ばらつきが大きく有意差はなかった。b 値(黄色味)についてはほぼ同様の値であった。DDGS はトウモロコシ由来であることからβカロテンの増加が考えられ、脂肪への色素沈着から b 値の増加が懸念されたが、本試験では差は見られなかった。DDGS は製造ロットの違いにより成分が異なることが言われており、また日本標準飼料成分表にもカロテンの含量は掲載されていない。このことから、今回用いた DDGS にはカロテンが低かったのかもしれない。

肉色の切開 1 時間後では L、a、b 値ともに試験区間に有意差は見られなかった。切開 48 時間後では、a 値 b 値において DDGS 区が高い値を示した ($p < 0.1$ 、 0.05)。本事業の他課題のホルスタイン去勢肥育牛の試験とは異なる結果となった。48 時間後から 1 時間後を引いた変化量ではばらつきが大きく有意差は見られなかった。これらのことから、早期出荷のホルスタイン去勢肥育牛への DDGS 給与は皮下脂肪色を明るくし、肉色では赤味及び黄色味を増加させることが示唆された。

表 10 供試牛の第 7 肋骨上皮下脂肪および胸最長筋の色の最小二乗平均値とその変化量

	DDGS 区	対照区	有意性
皮下脂肪色			
L 値	77.77 ± 5.03	74.47 ± 4.16	ns
a 値	1.27 ± 1.53	2.27 ± 2.39	ns
b 値	11.63 ± 2.00	12.21 ± 2.70	ns
肉色 (切開 1 時間後)			
L 値	44.64 ± 3.18	43.91 ± 2.56	ns
a 値	20.13 ± 1.87	19.62 ± 1.27	ns
b 値	18.15 ± 1.26	17.68 ± 1.03	ns
肉色 (切開 48 時間後)			
L 値	45.17 ± 1.59	44.82 ± 1.87	ns
a 値	19.97 ± 1.92	18.76 ± 1.16	ns
b 値	18.16 ± 0.88	17.26 ± 0.80	*
肉色の変化 (48 時間後-1 時間後)			
L 値	0.52 ± 2.84	0.91 ± 1.90	ns
a 値	-0.16 ± 1.98	-0.85 ± 1.61	ns
b 値	0.01 ± 1.35	-0.42 ± 0.90	ns

最小二乗平均値 ± SD

ns : 有意差無し ($p > 0.1$)

* : 有意差有り ($p < 0.05$)

(9) 胸最長筋、皮下脂肪、腎臓周囲脂肪の脂肪酸組成

供試牛の第 7 肋骨上胸最長筋、皮下脂肪および腎臓周囲脂肪の脂肪酸組成を表 10 に示した。

全ての部位において有意な差は見られなかった。本試験で用いた DDGS 区の飼料と対照区の飼料の脂肪酸組成はほとんど差がなく、このことが体脂肪酸組成の結果に表れたと思われる。

表 11 供試牛の第 7 肋骨上胸最長筋、皮下脂肪及び腎臓周囲脂肪の脂肪酸組成の最小二乗平均値

	DDGS 区	対照区	有意性
第 7 肋骨上胸最長筋			
C14:0(%)	4.01±0.54	4.02±0.58	ns
C14:1(%)	0.90±0.34	0.90±0.21	ns
C16:0(%)	29.52±1.17	29.89±1.28	ns
C16:1(%)	3.55±0.62	3.51±0.56	ns
C18:0(%)	14.70±1.73	14.42±1.61	ns
C18:1(%)	38.79±2.12	38.37±2.16	ns
C18:2(%)	5.48±1.54	5.53±1.47	ns
US/S	0.96±0.08	0.94±0.09	ns
皮下脂肪			
C14:0(%)	4.18±1.02	3.95±0.83	ns
C14:1(%)	1.50±0.48	1.61±0.51	ns
C16:0(%)	29.30±2.39	29.21±2.36	ns
C16:1(%)	4.77±1.10	4.90±0.76	ns
C18:0(%)	12.53±1.87	12.23±1.69	ns
C18:1(%)	43.07±4.73	43.41±3.26	ns
C18:2(%)	3.49±0.43	3.37±0.62	ns
US/S	1.15±0.15	1.17±0.14	ns
腎臓周囲脂肪			
C14:0(%)	3.87±0.57	3.89±0.66	ns
C14:1(%)	0.29±0.09	0.33±0.12	ns
C16:0(%)	29.97±2.10	29.88±3.05	ns
C16:1(%)	1.46±0.23	1.58±0.25	ns
C18:0(%)	28.13±2.27	27.20±2.86	ns
C18:1(%)	31.93±2.50	32.77±2.65	ns
C18:2(%)	3.64±0.60	3.58±0.45	ns
US/S	0.60±0.07	0.63±0.07	ns

最小二乗平均値±SD

ns : 有意差無し (p>0.1)

5 コスト・実用性

供試牛の試験期間飼料費と枝肉販売価格を表 12 に示した。飼料単価を、対照区を 50 円としたとき DDGS 区は 45.8 円となる。これをもとに試験期間中の 1 頭あたりの飼料費を計算すると DDGS 区が 47870.2 円、対照区が 56170.0 円となり、DDGS 区が 8299.8 円安価となった。枝肉販売価格は試験期間であった 2009 年 7 月から 12 月までの東京、大阪市場の B2 及び C2 の平均価格である 720.9 円、667.1 円を枝肉重量に乗じて算出した。その結果、DDGS 区が 234895.5 円、対照区が 242205.7 円となり DDGS 区が有意差はないが 7310.2 円安価となった。しかしながら、飼料費が 1 頭あたり 8299.8 円安価であることからトータルで DDGS 区が 989.6 円収益性が高くなった。また、DDGS 区において血液中のビタミン E 含量が高い傾向を示し、本事業で行った通常の肥育期間におけるホルスタイン去勢牛への DDGS 給与により脂質酸化が抑制されていることから、牛肉の脂質酸化が抑制され、保存性に優れた牛肉生産の可能性が期待される。

以上のことから、ホルスタイン種肥育の早期出荷であるイヤリングビーフへの DDGS 給与は経済性の向上と保存性に優れた差別化牛肉の生産が期待できる。

表 12 供試牛の試験期間飼料費と枝肉販売価格

	DDGS 区	対照区	試験区間差	有意性
試験期間採食量(kg)	15678.0	16851	-1173	—
飼料単価(kg/円)	45.8	50	-4.2	—
試験期間飼料費(円)	718052.4	842550.0	-124497.6	—
1 頭あたり試験期間飼料費(円)	47870.2	56170.0	-8299.8	—
枝肉販売価格(円)	234895.5 ± 16142.0	242205.7 ± 13606.0	-7310.2	ns

ns: 有意差無し(p>0.05)

飼料単価: 対照区を平均相場 50 円とし、DDGDS を 22 円とし算出した。

飼料費: 試験期間採食量 × 飼料単価

枝肉販売価格: 枝肉重量に、東京・大阪市場の下半期の毎月の価格付平均価格の加重平均から算出した。

B2: 720.9 円、C2: 667.1 円

6 参考文献

独立行政法人農業技術研究機構編. 2002. 日本標準飼料成分表(2001 年版). 76-79. 中央畜産会, 東京.

Leupp JL, Lardy GP, Karges KK, Gibson ML, Caton JS. 2009. Effects of increasing levels of corn distillers dried grains with solubles on intake, digestion, and ruminal fermentation in steers fed seventy percent concentrate diets. *Journal of Animal Science*, 87: 2906-2912.

Leupp JL, Lardy, GP Bauer ML, Karges KK, Gibson ML, Caton JS, Maddock RJ. 2009.

Effects of distillers dried grain with solubles on growing and finishing steers intake, performance, carcass characteristics, and steak color and sensory attributes. *Journal of Animal Science*, 87: 4118-4124.

高橋奈緒子, 川井直子, 金子武生, 木村信熙, 2008. トウモロコシ蒸留粕 (DDGS) の高温および加湿高温保存時における品温, 水分, 油脂性状, トコフェロール含量, 色およびにおいの変化. *日本畜産学会報* Vol. 79 369-376.

全国家畜畜産物衛生指導協会 2000. 生産獣医療システム 肉牛編, 195-200. 農山漁村文化協会, 東京.

課題名：肥育後期 DDGS 給与がホルスタイン去勢肥育牛の産肉形質及びその経時的変化の及ぼす影響

日本獣医生命科学大学応用生命科学部動物化学科
教授 木村信熙

1 要約

生後 17 ヶ月齢のホルスタイン種去勢肥育牛 16 頭を用い、原物飼料中 15%を DDGS に変換した飼料を 3 ヶ月間給与し、産肉形質及びその経時的変化、肉質に及ぼす影響を検討した。採食量では DDGS 特有の臭いなどから若干低下し、体重では試験開始から終了時まで DDGS 給与により低い値を示した($p<0.05$)。胸囲においても DDGS 給与により低い値を示した($p<0.05$)。

超音波診断装置によるロース芯面積、皮下脂肪厚には DDGS 給与による影響は見られなかった。バラ厚については、有意差はないが DDGS 給与牛が試験期間中厚い値で推移した。

第 7 肋骨上及び第 13 肋骨上の胸最長筋の成分組成では DDGS による影響は見られなかったが、両部位とも有意差はないがわずかに DDGS 給与牛が高い値であった。第 7 肋骨上胸最長筋の脂質酸化 (TBA 値) では DDGS 給与により TBA 値が減少し脂質酸化が抑制された。皮下脂肪色では DDGS 給与による影響は見られなかった。肉色では DDGS 給与により b 値 (黄色味)が低下する傾向が見られた($p<0.1$)。腎臓周囲脂肪ではパルミトレン酸 (C16:1) において DDGS 区が低い傾向を示した($p<0.1$)。他の脂肪酸組成では DDGS 給与による影響は見られなかった。

コスト計算では飼料費において DDGS 給与により 1 頭あたり 6609.3 円安価となった。推定枝肉重量では有意差はないが DDGS 給与により 31.6kg 大きくなり、推定枝肉販売価格では DDGS 区が有意差はないが 22785.6 円高くなった。

本試験を総合すると、出荷前 3 ヶ月間に DDGS15%添加飼料給与は採食量の低下から体重、胸囲の低下を招くが、飼料費の低下及び枝肉販売価格の向上から収益性が向上すると推察される。また、DDGS 給与による脂質酸化の抑制から差別化牛肉としての販売が可能となる。以上のことから、DDGS 給与は馴致方法などの工夫を行えば、非常に収益性の高い飼料となりうることが期待される。

2 目的

近年、環境対策の一環でバイオエタノールの生産が増加している。バイオエタノールは主にトウモロコシのデンプン部分発酵蒸留し生産されている。この生産の際、副産物としてトウモロコシ蒸留粕 (DDGS) が産出される。これはトウモロコシからデンプン部分を差し引き、濃縮したものであることから、高蛋白、高脂肪であり、飼料として栄養価値の高いものである(図 1 参照、独立行政法人農業技術研究機構編 2002 高橋ら 2008)。また、反芻動物ではタンパク質のバイパス率が高く新規飼料として期待されている。

しかし、DDGS は豚・鶏産業、乳用牛、海外等での利用は拡大されつつあるものの、わが国の肉用牛への活用方法が確立していないことから利用が進んでいない。

一方、ホルスタイン去勢肥育産業では、飼料価格の高騰と枝肉販売価格の低迷から経営が不安定となっている。

このため、栄養価値の高い DDGS をホルスタイン去勢肥育牛に給与することで、コスト削減による経営安定が図られる可能性がある。

そこで、本事業を活用し、ホルスタイン去勢肥育牛の出荷前 3 ヶ月に DDGS 混合飼料を給与し産肉形質及びその経時的変化にどのような影響があるのか検討した。また、ホルスタイン牛肉は熟成が早く品質保持期間が黒毛和種よりも短いことから、ビタミン E が多く含まれる DDGS の給与による肉中の脂質安定性についても検討し、差別化の可能性についても検討した。

3 材料及び方法

(1) 実施場所

山口県所在肉用牛肥育農場を利用した。

(2) 供試動物

供試牛は、約 17 ヶ月齢のホルスタイン種去勢牛 16 頭 (DDGS 区 8 頭、対照区 8 頭とした。DDGS 区は、対照区飼料に DDGS を 15% 量添加した濃厚飼料を不断給餌で給与した (表 1、2 参照)。両区とも粗飼料はチモシー乾草を不断給餌で給与した。給与期間は出荷前 3 ヶ月間とし、約 21 ヶ月齢でと畜した。

本試験において DDGS 区に給与した飼料は対照区と比較すると粗タンパク質含量では 2.48%、粗脂肪含量では 1.42% 増加した。可溶性無窒素物 (NFE) では 4.61% 減少した。以上の結果、計算値 (独立行政法人農業技術研究機構編 2002) による TDN では 2.26% の減少となった。飼料中脂肪酸組成では DDGS がトウモロコシ由来であることからリノール酸 (C18:2) が増加した。含有割合は少ないがパルミトレイン酸 (C16:1) が同定した脂肪酸の中で最も変化が大きかった。不飽和度 (US/S) では DDGS 区飼料が 4.23、対照区飼料が 4.14 であった。

(3) 測定項目

生体における測定項目は、体重、体高、胸囲、超音波診断による第 6-7 肋骨間のロース芯面積、バラ厚、皮下脂肪厚とし、1 ヶ月に 1 回測定した。

肉質分析項目は、第 7 肋骨上胸最長筋の水分、粗脂肪、粗タンパク質含量、脂肪酸組成、肉色、脂質酸化 (TBA 値)、皮下脂肪では脂肪色と脂肪酸組成、腎臓周囲脂肪の脂肪酸組成とした。なお、肉色は胸最長筋を薄切してから (空気に触れてから) 1 時間後と好気下で 4℃ で 48 時間保存したものを測定し、その変化量を比較した。脂質酸化は -20℃ で一度凍結し、解凍直後と好気下で 5℃ で 7 日間保存したものを測定し、その変化量を比較した。

(4) 統計処理

生体における産肉形質の測定値の経時的変化は SAS の GLM プロシジャーを用い開始時の

測定値を補正要因として分散分析し危険率 5%で試験区間差を比較した。産肉形質の期間 1 日増加量の変化は MIXED プロシジャーを用いて比較した。測定項目の試験全期間の 1 日増加量は GLM プロシジャーを用いて開始時の測定値を補正要因として試験区間差を検討した。

肉質分析項目は SAS の GLM プロシジャーを用いて出荷月齢を補正要因として分散分析し危険率 5%で DDGS 給与の影響を検討した。



表 1 本試験に用いた DDGS と給与飼料の成分組成
(乾物)

	DDGS	DDGS 区	対照区
灰分(%)	5.21	4.70	4.61
粗タンパク質(%)	28.66	14.59	12.11
粗脂肪(%)	12.84	4.84	3.42
粗繊維(%)	7.33	3.78	3.15
NFE(%)	45.96	72.09	76.70
TDN(%)	81.29	74.50	76.76

図 1 DDGS

表 2 本試験に用いた DDGS と給与飼料の脂肪酸組成

	DDGS	DDGS 区	対照区
C14:0(%)	0.06	0.55	0.64
C14:1(%)	0.01	0.43	0.51
C16:0(%)	13.91	16.05	16.29
C16:1(%)	0.05	0.14	0.16
C17:0(%)	0.08	0.00	0.00
C18:0(%)	2.43	2.51	2.53
C18:1(%)	25.89	25.28	25.17
C18:2(%)	55.69	51.86	51.18
C18:3(%)	1.23	3.18	3.52
US/S	5.03	4.23	4.14

US/S: 不飽和脂肪酸/飽和脂肪酸

4 結果及び考察

(1) 採食量

表 3 に供試牛の 1 日 1 頭あたりの濃厚飼料採食量を示した。試験開始から 1 ヶ月後では DDGS 区と対照区でほとんど差はなかったが、1~2 ヶ月後では DDGS 区が 2.1kg 少なくな

った。さらに、2ヵ月後から試験終了時では逆に DDGS 区が 0.8kg 多く採食した。試験全期間では DDGS 区が対照区より 0.7kg 少なくなった。

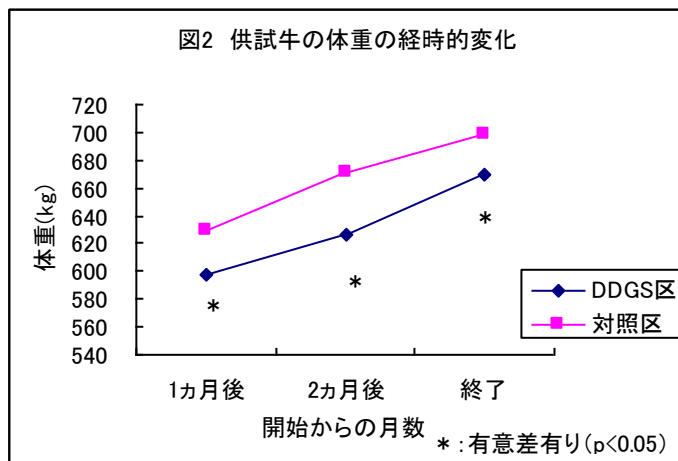
表1のTDN割合を参考に1日1頭あたりのTDN摂取量を計算すると、DDGS区が11.18kg、対照区が12.05kgとDDGS区が0.87kg少なくなった。DDGSはトウモロコシからデンプン質を取り除いたものであることからNFEやTDNが少なくなることから総エネルギー量が少なくなった。

表3 供試牛の1日1頭あたりの濃厚飼料採食量(kg)

	DDGS 区	対照区
開始～1ヵ月後	16.0	15.9
1～2ヵ月後	14.2	16.3
2ヵ月後～終了	15.2	14.4
開始～終了	15.0	15.7

(2) 体重

供試牛の体重の最小二乗平均値の経時的变化を図2に示した。試験開始1ヵ月後ではDDGS区が約32kg軽かった($p < 0.05$)。その後もDDGS区が対照区より軽いままであり、試験終了時の最小二乗平均値ではDDGS区669.9kg対照区が699.0kgとDDGS区が約29kg軽かった($p < 0.05$)。



供試牛のDGは、試験開始から1ヵ月間はDDGS区が有意に少なかった(表4、 $p < 0.05$)。1から2ヵ月後及び2から試験終了までは有意差はなかったが、若干DDGS区が小さかった。試験開始から終了までではDDGS区が0.78kg/日、対照区が1.16kg/日とDDGS区が有意に小さかった($p < 0.05$)。試験開始から1ヵ月間は採食量がほとんど変わらないにもかかわらずDGに有意な差が生じたことから、試験開始1ヵ月間は摂取した飼料は消化されずに排出された可能性がある。その後、DGが増加したことから供試牛及びルーメン内微生物叢がDDGS添加飼料に慣れ、十分な消化吸収がされるようになったのではないかと推察される。

表 4 供試牛の DG の最小二乗平均値の経時的変化(kg/日)

	DDGS 区	対照区	有意性
開始～1 ヶ月後	0.27±0.31a	1.02±0.27	*
1～2 ヶ月後	0.84±0.65	1.13±0.04	ns
2 ヶ月後～終了	1.28±0.39b	1.30±0.49	ns
開始～終了	0.78±0.18	1.16±0.21	*

最小二乗平均値±SD

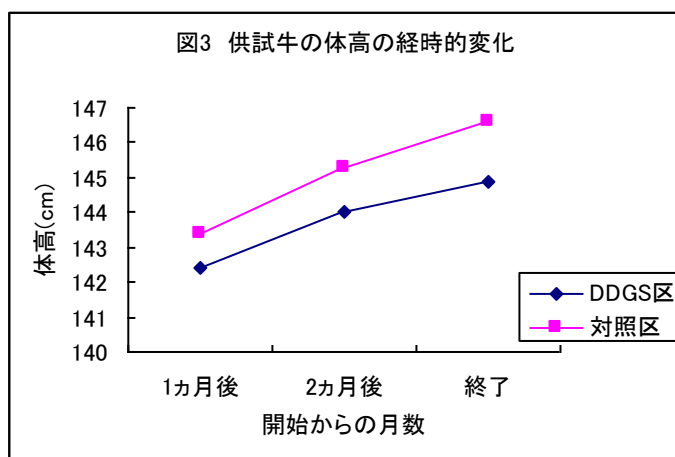
* : 有意差有り (p<0.05)

ns : 有意差無し (p>0.1)

a, b : DDGS 区内で異なる文字間に有意差有り (p<0.05)

(3) 体高

供試牛の体高の最小二乗平均値の経時的変化を図 3 に示した。試験開始後 1 ヶ月後では DDGS 区が 142.4cm、対照区が 143.4cm であり、試験終了時では DDGS 区が 144.9cm、対照区が 146.6cm であった。DDGS 区が対照区より最小二乗平均値で小さいものの有意差はなかった。



供試牛の体高の 1 日増加量はどの期間においても試験区間差は見られず、試験開始から終了まででは DDGS 区が 0.03cm/日であり、対照区が 0.05cm/日であった。このことから、体高に関しては出荷前 3 ヶ月間の DDGS 給与の影響はほとんどないことが示唆された。この期間において、供試牛の骨格はほぼ決定しており、飼料の影響を大きく受けないのではないかと考えられる。

表 5 供試牛の体高の 1 日増加量の最小二乗平均値の経時的変化
(cm/日)

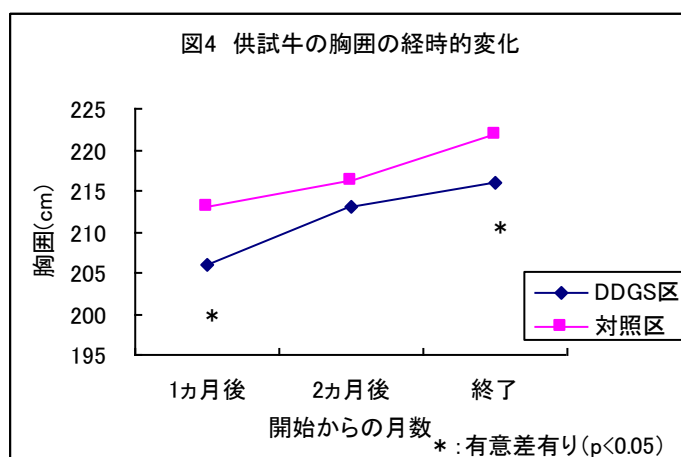
	DDGS 区	対象区	有意性
開始～1 ヶ月後	0.03±0.15	0.03±0.05	ns
1～2 ヶ月後	0.04±0.11	0.06±0.05	ns
2 ヶ月後～終了	0.03±0.05	0.06±0.03	ns
開始～終了	0.03±0.04	0.05±0.02	ns

最小二乗平均値±SD

ns : 有意差無し (p>0.1)

(4) 胸囲

供試牛の胸囲の最小二乗平均値の経時的変化を図4に示した。試験開始1 ヶ月後ではDDGS 区が 205.9cm、対照区が 213.1cm と DDGS 区が有意に小さかった(p<0.05)。2 ヶ月後では有意差はなかったが、試験終了時では DDGS 区が 216.0cm、対照区が 221.9cm と DDGS 区が 5.9cm 小さかった(p<0.05)。



供試牛の胸囲の 1 日増加量は、試験開始から 1 ヶ月間は DDGS 区が有意に少なかった(表 4、p<0.05)。1 から 2 ヶ月後では有意差はなかったが、2 ヶ月後から試験終了では DDGS 区が有意に小さかった(p<0.05)。試験開始から終了まででは DDGS 区が 0.11cm/日、対照区が 0.18/日と有意に DDGS 区が小さかった(p<0.05)。また、採食量と照らし合わせると多く採食量した翌月の胸囲の増加量が多く見られており、採食量の違いが胸囲に現れているかもしれない。これらのことから、出荷前 3 ヶ月間の DDGS 給与は供試牛の濃厚飼料の摂取量を低下させたことを反映し胸囲を小さくさせることが示唆された。

期間ごとの胸囲の増加量では、DDGS 区において試験開始後 1 ヶ月間の増加が 1 から 2 後のヵ月の増加より小さくなる傾向を示し(p<0.1)、DG の小ささを反映していると言える。また対照区では 1 から 2 ヶ月後よりも 2 ヶ月後から試験終了までの増加が大きい傾向(p<0.1)を示しこの期間の DG も 1.30kg/日と大きいものであった。

表 6 供試牛の胸囲の 1 日増加量の最小二乗平均値の経時的変化
(cm/日)

	DDGS 区	対照区	有意性
開始～1 ヶ月後	0.02±0.15	0.20±0.10	*
1～2 ヶ月後	0.19±0.12	0.09±0.08	ns
2 ヶ月後～終了	0.09±0.08	0.26±0.10	*
開始～終了	0.11±0.05	0.18±0.03	*

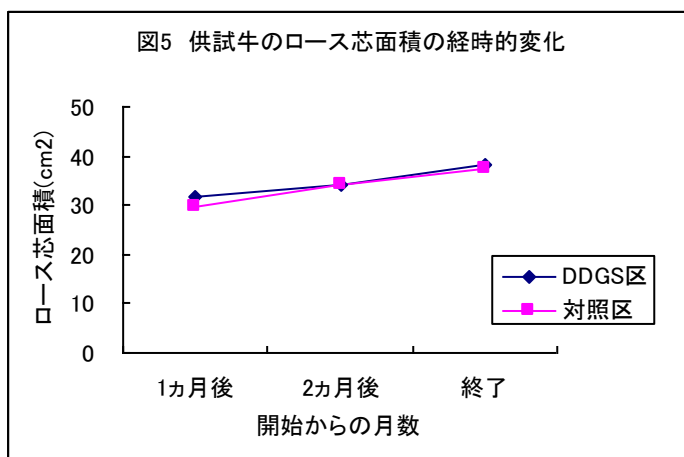
最小二乗平均値±SD

* : 有意差有り (p<0.05)

ns : 有意差無し (p>0.1)

(5) ロース芯面積

超音波診断装置を用いた供試牛のロース芯面積の最小二乗平均値の経時的変化を図 5 に示した。試験開始 1 ヶ月後では DDGS 区が 31.6cm² であり、対照区が 29.6cm² でありほとんど差は見られなかった。終了時では DDGS 区が 38.18cm²、対照区が 37.33cm² と試験区間でほとんど差が見られなく、経時的変化もほぼ同様であった。



供試牛のロース芯面積の 1 日増加量はどの期間においても試験区間差は見られず、試験開始から終了まででは DDGS 区、対照区とも 0.11cm²/日であった。

これらのことから、出荷 3 ヶ月前の DDGS 給与は超音波診断によるロース芯面積に影響を与えないことが示唆された。

表7 供試牛のロース芯面積の1日増加量の最小二乗平均値の経時的変化(cm²/日)

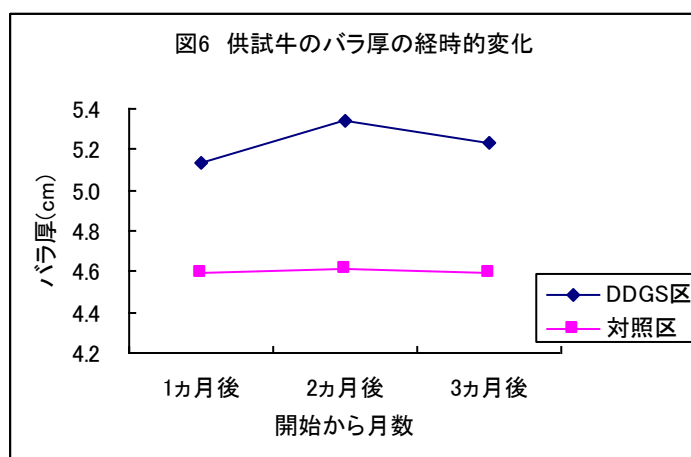
	DDGS 区	対照区	有意性
開始～1ヵ月後	0.14±0.14	0.07±0.06	ns
1～2ヵ月後	0.06±0.06	0.14±0.07	ns
2ヵ月後～終了	0.13±0.09	0.14±0.10	ns
開始～終了	0.11±0.07	0.11±0.03	ns

最小二乗平均値±SD

ns : 有意差無し (p>0.1)

(6) バラ厚

超音波診断装置を用いた供試牛のバラ厚の最小二乗平均値の経時的変化を図6に示した。DDGS区では試験開始1ヵ月後では5.13cmであり、対照区は4.59cmとDDGS区が0.54cm厚かったが有意差は見られなかった。試験開始2ヵ月後ではDDGS区が対照区より厚い傾向を示した(p<0.1)。3ヵ月後ではDDGS区が平均値において若干低下したが、試験期間中有意な増加は見られなかった。対照区は試験期間を通じほとんど値が変わらなかった。試験終了時ではDDGS区が5.23cm、対照区が4.59cmであった。



バラ厚の1日増加量では、試験開始1から2ヵ月後にDDGS区が対照区より大きな増加をしましたが有意差は見られなかった(表8)。期間ごとに見ると試験開始から1ヵ月間では他の期間に比べ大きな増加が見られたが有意な増加ではなかった。

これらのことから、出荷3ヵ月前のDDGS給与は超音波診断によるバラ厚に影響を与えないことが示唆された。

表 8 供試牛のバラ厚の 1 日増加量の最小二乗平均値の経時的変化(cm/日)

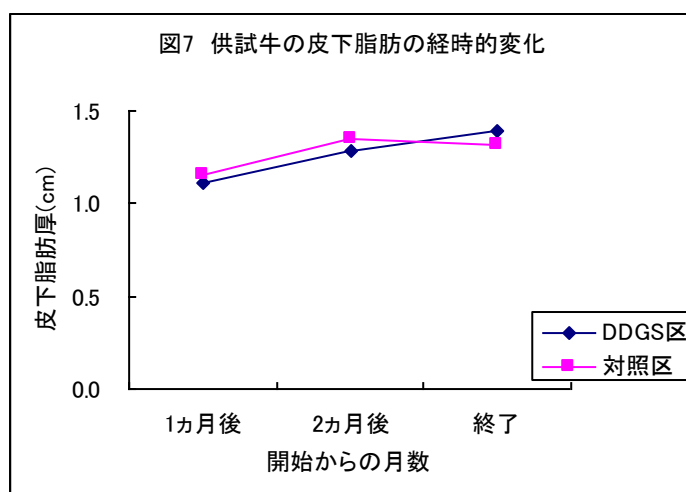
	DDGS 区	対照区	有意性
開始～1 カ月後	0.022±0.034	0.015±0.025	ns
1～2 カ月後	0.007±0.014	-0.001±0.016	ns
2 カ月後～終了	0.000±0.015	-0.007±0.023	ns
開始～終了	0.009±0.008	0.004±0.006	ns

最小二乗平均値±SD

ns : 有意差無し (p>0.1)

(7) 皮下脂肪厚

供試牛の超音波診断による皮下脂肪厚の最小二乗平均値の経時的変化を図 7 に示した。試験開始 1 カ月後の DDGS 区では 1.11cm、対照区が 1.16cm であり試験区間で差はなかった。終了時では DDGS 区が 1.39cm、対照区が 1.32cm と試験区間の差は見られないが、皮下脂肪厚の大小が逆転していた。



供試牛の皮下脂肪厚の 1 日増加量はどの期間においても試験区間差は見られず、試験開始から終了まででは DDGS 区が 0.004cm/日、対照区が 0.003cm/日であった。

これらのことから、出荷 3 カ月前の DDGS 給与は超音波診断による皮下脂肪厚に影響を与えないことが示唆された。

表 9 供試牛の皮下脂肪厚の 1 日増加量の最小二乗平均値の経時的変化(cm/日)

	DDGS 区	対照区	有意性
開始～1 カ月後	0.003±0.004	0.003±0.005	ns
1～2 カ月後	0.005±0.007	0.005±0.004	ns
2 カ月後～終了	0.003±0.005	-0.001±0.009	ns
開始～終了	0.004±0.002	0.003±0.003	ns

最小二乗平均値±SD

ns : 有意差無し (p>0.1)

今回行った出荷前 3 ヶ月間のホルスタイン去勢肥育牛への DDGS 添加飼料の給与では、飼料を摂取しているものの、対照区に比べ摂取量が少なくルーメン内の微生物叢が DDGS に対応できてなく消化・吸収されずに排出される部分が多かったため、体重、DG、胸囲に有意な差が生じた可能性がある。本試験で用いた飼養形態では DDGS 添加飼料に慣れさせることが必要であると考えられる。今回は馴致期間を約 10 日間としたが、もう少しの延長し長期間の給与であれば、給与経過に伴う DG の増加やその他の産肉形質の経時的変化には差が見られことなどから問題はないのではないかと考えられる。

(8) 胸最長筋中の成分組成

供試牛の第 7 及び第 13 肋骨上の胸最長筋の水分、粗脂肪、粗タンパク質含量を表 10 に示した。どの項目においても試験区間に有意な差は見られなかったが、若干粗脂肪含量が増加した。このことから本試験における DDGS の 15% 給与は胸最長筋への影響は少ないと考えられる。

本試験に用いた DDGS 添加飼料は対照区飼料に比べ粗脂肪、粗タンパク質、粗繊維含量が高く、可溶性無窒素物、TDN が少ない飼料であった(表 1)。この結果、飼料中 TDN が少ないにもかかわらず有意差はないが粗脂肪含量が若干増加した。超音波診断による皮下脂肪厚の変化や胸最長筋内粗脂肪含量の結果から、体組織中への脂肪の蓄積が対照区飼料より高いのかもしれない。

表 10 供試牛の第 7 及び第 13 肋骨上胸最長筋の一般組成の最小二乗平均値

	DDGS 区	対照区	有意性
第 7 肋骨上胸最長筋			
水分(%)	67.09±2.74	68.61±2.06	ns
粗脂肪(%)	11.70±3.43	9.97±2.81	ns
粗蛋白質(%)	19.74±0.84	19.80±0.68	ns
第 13 肋骨上胸最長筋			
水分(%)	69.64±1.81	71.14±2.44	ns
粗脂肪(%)	7.59±2.34	6.36±2.76	ns
粗蛋白質(%)	21.12±0.63	20.80±0.72	ns

最小二乗平均値±SD

ns : 有意差無し (p>0.1)

(9) 胸最長筋の脂質酸化

供試牛の第 7 肋骨上胸最長筋の脂質酸化 (TBA 値) を表 11 に示した。サンプルを解凍直後では DDGS 区が 0.74、対照区が 0.39 と有意差はないが DDGS 区が高い値を示したが、解凍 7 日後では DDGS 区が 11.56、対照区が 15.69 とばらつきが大きく有意差はなかったが対

照区が高くなり、解凍 7 日後から解凍直後の値を引いた変化量では DDGS 区より対照区が約 1.4 倍になっていた。それぞれの試験区で 1 頭ずつかけ離れた値があったため、それらを取り除いて分散分析すると危険率 5%で DDGS 区が低い値を示した($p<0.05$)。

日本標準飼料成分表(2001)によると DDGS には抗酸化物質であるビタミン E が多く含有しており、これが胸最長筋の脂質酸化を抑える可能性が高く(Mitsumoto ら 1991)、牛肉の品質保持に役立つかもしれない。

表 11 供試牛の第 7 肋骨上胸最長筋の TBA 値の最小二乗平均値とその変化

	DDGS 区	対照区	有意性
解凍直後	0.74±0.89	0.39±0.52	ns
解凍 7 日後	11.56±8.41	15.69±7.03	ns
解凍 7 日後から 直後の差	10.82±8.70	15.31±7.27	ns

最小二乗平均値±SD

ns : 有意差無し ($p>0.1$)

(10) 皮下脂肪及び胸最長筋の色

供試牛の第 7 肋骨上皮下脂肪及び胸最長筋の色とその変化を表 12 に示した。DDGS はトウモロコシ由来であることから β カロテンの増加が考えられ、脂肪への色素沈着から b 値(黄色味)の増加が懸念された。しかしながら、分析結果では DDGS 区がほんのわずかに対照区より高い値であるが、ほとんど同じであった。DDGS は製造ロットの違いにより成分が異なることが言われており、また日本標準飼料成分表にもカロテンの含量は掲載されていない。このことから、今回用いた DDGS にはカロテンが低かったのかもしれない。

肉色では、切開 1 時間後において a 値(赤味)と b 値において DDGS 区が低い傾向を示した($p<0.1$)。また、切開 48 時間後では、b 値において DDGS 区が低い値を示した($p<0.1$)。48 時間後から 1 時間後を引いた変化量では有意差は見られなかったが、a 値において DDGS 区が約 3 倍増加していた。これらのことから、DDGS 給与は皮下脂肪色には影響を与えないことが示唆された。肉色については黄色味を低下させる可能性が示唆された。

表 12 供試牛の第 7 肋骨上皮下脂肪及び胸最長筋の色の最小二乗平均値とその変化

	DDGS 区	対照区	有意性
皮下脂肪色			
L 値	77.90±6.74	78.04±4.36	ns
a 値	0.44±1.72	0.57±0.98	ns
b 値	7.61±1.89	7.29±0.89	ns

肉色

(切開 1 時間後)

L値	42.00±3.59	41.85±1.09	ns
a値	20.07±3.21	22.52±1.18	ns
b値	16.90±1.76	18.38±0.66	ns

肉色

(切開 48 時間後)

L値	42.99±3.33	42.80±2.47	ns
a値	21.95±1.91	23.11±0.83	ns
b値	17.77±1.00	18.48±0.41	ns

肉色の变化

(48 時間後-1 時間後)

L値	0.99±1.82	0.95±1.63	ns
a値	1.88±3.16	0.59±1.40	ns
b値	0.87±1.46	0.10±0.85	ns

最小二乗平均値±SD

ns : 有意差無し (p>0.1)

(1 1) 胸最長筋、皮下脂肪、腎臓周囲脂肪の脂肪酸組成

供試牛の第7肋骨上胸最長筋、皮下脂肪および腎臓周囲脂肪の脂肪酸組成を表13に示した。胸最長筋および皮下脂肪では脂肪酸組成に有意な差は見られなかった。有意差はないが胸最長筋のリノール酸(C18:2)において DDGS 区が高くなった。これは DDGS がトウモロコシ由来のため DDGS 添加飼料中の C18:2 が増加し、胸最長筋の C18:2 を増加させたのかもしれない。腎臓周囲脂肪ではパルミトレイン酸 (C16:1) において DDGS 区が低い傾向を示した (p<0.1)。これは DDGS 添加飼料中 C16:1 が対照区に比べ減少し、その減少割合が他の脂肪酸よりも高かったためであると推察される。また、腎臓周囲脂肪は他の脂肪組織よりも飼料の影響を早く受けることが言われており、そのことが今回の結果につながったと思われる。

DDGS 添加により飼料中脂肪酸組成の変化の見られた脂肪酸については有意ではないが若干変化が見られた。最近の健康志向やおいしさへの関心の高まりから、本試験は出荷前 3 ヶ月間の DDGS 給与であったが、より長期に DDGS 給与することで組織中の脂肪酸組成を消費者の好ましい方向へ変化させる可能性も示唆された。

表 13 供試牛の第 7 肋骨上胸最長筋、皮下脂肪及び腎臓周囲脂肪の脂肪酸組成の最小二乗平均値

	DDGS 区	対照区	有意性
第 7 肋骨上胸最長筋			
C14:0(%)	3.76±0.54	3.53±0.35	ns
C14:1(%)	0.88±0.29	0.68±0.15	ns
C16:0(%)	30.28±1.76	30.71±0.96	ns
C16:1(%)	3.29±1.76	3.55±0.33	ns
C18:0(%)	15.44±2.97	14.98±1.10	ns
C18:1(%)	38.33±1.79	39.44±1.95	ns
C18:2(%)	6.44±2.13	5.85±1.77	ns
US/S	0.97±0.09	0.99±0.08	ns
皮下脂肪			
C14:0(%)	4.21±0.55	4.10±0.64	ns
C14:1(%)	2.05±0.49	1.98±0.36	ns
C16:0(%)	29.89±0.80	30.21±1.18	ns
C16:1(%)	6.52±1.20	7.06±0.54	ns
C18:0(%)	10.51±1.67	9.86±1.46	ns
C18:1(%)	42.83±2.03	43.15±2.95	ns
C18:2(%)	2.65±0.48	2.81±0.46	ns
US/S	1.19±0.08	1.24±0.14	ns
腎臓周囲脂肪			
C14:0(%)	3.54±0.63	3.55±0.34	ns
C14:1(%)	0.25±0.06	0.22±0.07	ns
C16:0(%)	29.00±2.18	29.00±1.27	ns
C16:1(%)	2.09±0.21	2.31±0.09	ns
C18:0(%)	30.55±2.21	29.40±1.83	ns
C18:1(%)	31.34±2.59	32.28±2.76	ns
C18:2(%)	2.74±0.49	2.75±0.53	ns
US/S	0.58±0.06	0.60±0.07	ns

最小二乗平均値±SD

ns : 有意差無し (p>0.1)

5 コスト・実用性

供試牛の試験ごとの飼料費と推定枝肉販売価格を表 13 に示した。試験期間中の飼料費は DDGS 区が 535108.9 円、対照区が 607845.0 円と DDGS 区が 72736.1 円安価であった。1

頭あたりにすると DDGS 区が 9092.0 円安価となった。枝肉販売価格は、試験実施農場が通常の枝肉加工と異なり温と体での解体となるため部分肉重量からの推定となるが、推定枝肉重量は DDGS 区が 416.8kg、対照区が 385.2kg であり DDGS 区が 31.6kg 大きかった。これに試験期間中の 2009 年 7 月から 12 月までの大阪、東京市場の B2 価格である 720.9 円を乗じた推定枝肉販売価格では DDGS 区が 22785.6 円高くなった。

本試験を総合すると、DDGS を 15% 添加飼料は採食量の低下から体重、胸囲の低下を招くが、飼料費の低下及び枝肉販売価格の向上から収益性が向上すると推察される。また、DDGS 給与による脂質酸化の抑制から差別化牛肉としての販売が可能となる。

以上のことから、DDGS 給与は馴致方法などの工夫を行えば、非常に収益性の高い飼料となりうることが期待される。

表 13 供試牛の飼料費と枝肉販売価格

	DDGS 区	対照区	試験区間差	有意性
試験期間採食量(kg)	11683.6	12156.9	-473.3	—
飼料単価(kg/円)	45.8	50	-4.2	—
試験期間飼料費	535108.9	607845.0	-72736.1	—
1 頭当り試験期間飼料費(円)	66888.6	75980.6	-9092.0	—
部分肉重量(kg)	291.8±33.8	269.6±23.7	22.2	ns
推定枝肉重量(kg)	416.8±48.3	385.2±33.8	31.6	ns
推定枝肉販売価格(円)	300460.8±34849.2	277675.2±24382.9	22785.6	ns

ns: 有意差無し(p>0.05)

飼料単価: 対照区を平均相場 50 円とし、DDGDS を 22 円とし算出した。

飼料費: 試験期間採食量 × 飼料単価

部分肉重量: 実際の解体結果

推定枝肉重量: 部分肉重量 ÷ 0.7

枝肉販売価格: 枝肉重量に、東京・大阪市場の下半期の毎月の価格付平均価格の加重平均から算出した。

B2: 720.9 円、C2: 667.1 円

6 参考文献

独立行政法人農業技術研究機構編. 2002. 日本標準飼料成分表(2001 年版). 76-79. 中央畜産会, 東京.

Mitsumoto, M., R.G. Cassens, D.M. Schaefer, R.N. Arnold and K.K. Scheller. 1991. Journal of. Food Science, 56:1489-1492.

高橋 奈緒子, 川井 直子, 金子 武生, 木村 信熙, 2008. トウモロコシ蒸留粕(DDGS)の高温および加湿高温保存時における品温, 水分, 油脂性状, トコフェロール含量, 色およびにおいの変化 日本畜産学会報, 79: 369-376.

課題名：黒毛和種雌肥育牛の肥育後期 DDGS 給与が産肉形質に及ぼす影響

日本獣医生命科学大学応用生命科学部動物科学科

教授 木村信熙

1 要約

生後 30 ヶ月齢の黒毛和種雌肥育牛 20 頭を用い、飼料中 15%を DDGS に置き換えた飼料を肥育後期 3 ヶ月間不断給餌で給与した。1 日 1 頭あたりの採食量では有意差はないが DDGS 区がわずかに少なかった。体重、体高、胸囲は DDGS 区がわずかに小さかったが両試験区ともほぼ同様の値であった。1 頭あたりの飼料費では DDGS 区が 297.3 円安価となった。体重、体高、胸囲に大きな差は見られなかったことから、DDGS の黒毛和種雌肥育牛への肥育後期 3 ヶ月間の給与は通常の濃厚飼料と同様の使用が可能であることが示唆された。

2 目的

近年、環境対策の一環でバイオエタノールの生産が増加している。バイオエタノールは主にトウモロコシのデンプン部分発酵蒸留し生産されている。この生産の際、副産物としてトウモロコシ蒸留粕（DDGS）が産出される。これはトウモロコシからデンプン部分を差し引き、濃縮したものであることから、高蛋白、高脂肪であり、飼料として栄養価値の高いものである（図 1、2 参照、独立行政法人農業技術研究機構編 2002 高橋ら 2008）。また、反芻動物ではタンパク質のバイパス率が高くその利用性に期待される。

しかし、DDGS は豚・鶏産業、海外等での利用は拡大されつつあるものの、わが国の特に黒毛和種肥育牛への活用方法が確立していないことから利用が進んでいない。また、最近の飼料費の高騰と枝肉価格の低迷から肉牛経営が不安定である。

このため、製造副産物の利用による飼料費の削減や付加価値による価格上昇を目指した生産・販売戦略を講じる必要がある。

そこで、DDGS を黒毛和種雌牛に給与し、増体性に及ぼす影響を検討した。

3 材料及び方法

(1) 実施場所

沖縄県所在肉用牛肥育農場を利用した。

(2) 供試動物

供試牛は、約 30 ヶ月齢の黒毛和種雌肥育牛 20 頭（DDGS 区 10 頭、対照区 10 頭）とした。DDGS 区は、対照区飼料量の 15%を DDGS に置き換え後期 3 ヶ月間不断給餌で給与した（表 1 参照）。

本試験において DDGS 区に給与した飼料は対照区と比較すると粗タンパク質含量では 2.28%、粗脂肪含量では 1.34%増加した。可溶性無窒素物（NFE）では 4.10%減少した。以上の結果 TDN では 1.16%の減少となった。

(3) 測定項目

測定項目は、採食量、体重、体高、胸囲とし、試験期間中1ヵ月に1回測定した。

(4) 統計処理

測定値の経時的変化はSASのGLMプロシジャーを用い開始時の測定値を補正要因として分散分析し危険率5%で試験区間差を比較した。測定値の期間1日増加量の変化はMIXEDプロシジャーを用いて比較した。測定値の試験全期間の1日増加量はGLMプロシジャーを用いて開始時の測定値を補正要因として試験区間差を検討した。



図1 DDGS



図2 試験牛舎

表1 本試験に用いたDDGSと給与飼料の成分組成

	DDGS	DDGS区	対照区
灰分(%)	5.21	5.13	5.11
粗タンパク質(%)	28.66	15.78	13.50
粗脂肪(%)	12.84	5.22	3.88
粗繊維(%)	7.33	4.66	4.19
NFE(%)	45.96	69.22	73.32
TDN(%)	81.29	83.25	84.41

4 結果及び考察

(1) 採食量

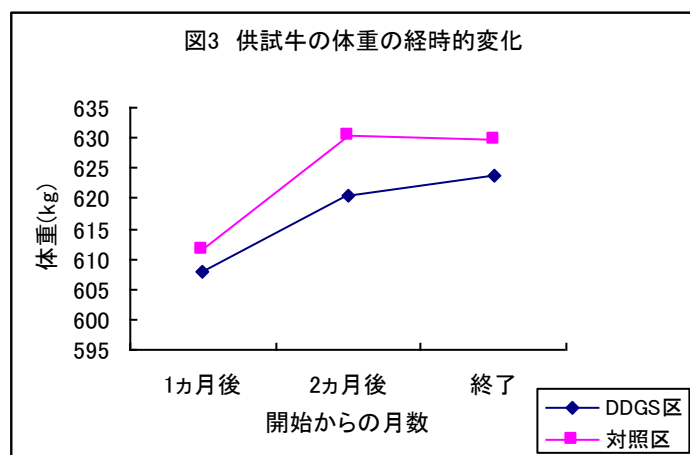
供試牛の採食量を表2に示した。肥育開始してから若干DDGS区の採食量が少なかった。試験全期間の平均では1日1頭あたりDDGS区が6.8kg、対照区が7.0kgであった。表1の給与飼料成分を参考にTDN摂取量を計算すると、試験期間中DDGS区が5.66kg、対照区が5.91kgであり、DDGS区が少なくなった。

表 2 供試牛の 1 日 1 頭当たり採食量の経時的変化(kg)

	DDGS 区	対照区
開始～1 カ月後	7.1	7.2
1～2 カ月後	7.0	7.2
2 カ月後～終了	6.6	6.8
開始～終了	6.8	7.0

(2) 体重

供試牛の体重の最小二乗平均値の経時的変化を図 3 に示した。試験開始から終了時まで有意差はないが DDGS 区が小さかった。試験終了時では DDGS 区が 623.7kg、対照区が 629.7kg であった。採食量および TDN 摂取量は DDGS 区が対照区より少なかったが、体重はほぼ同様であり DDGS は黒毛和種雌肥育牛にとって消化・吸収の良い飼料かもしれない。



供試牛の DG は、有意差はないが試験開始から 1 カ月後と 1 カ月後から 2 カ月後までは DDGS 区が対照区より低かったが、2 カ月後から終了時まででは有意差はないが DDGS 区が大きな増加を示した(表 3)。試験開始から終了まででは DDGS 区が 0.28kg/日、対照区が 0.36kg/日と有意差はないが DDGS 区が若干小さかった。

表 3 供試牛の 1 日 1 頭あたりの体重の最小二乗平均値の変化

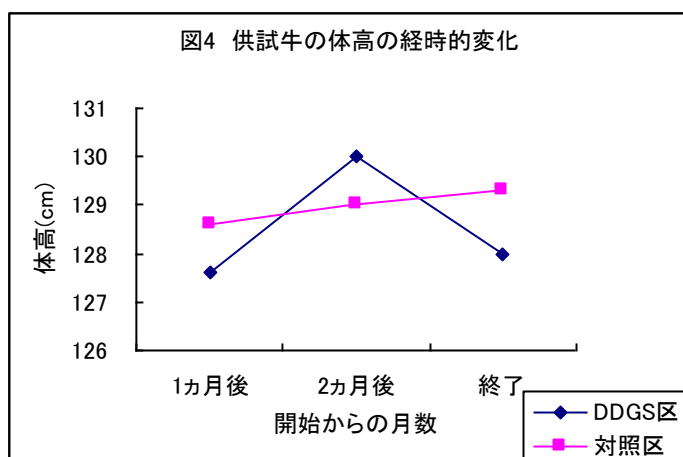
	DDGS 区	対照区	有意性
開始～1 カ月後	0.16±0.50	0.34±0.34	ns
1～2 カ月後	0.49±0.59	0.72±0.37	ns
2 カ月後～終了	0.15±0.68	-0.02±0.73	ns
開始～終了	0.28±0.26	0.36±0.17	ns

最小二乗平均値±SD

ns : 有意差無し (p>0.1)

(3) 体高

供試牛の体高の最小二乗平均値の経時的变化を図4に示した。試験開始後1ヵ月後ではDDGS区が127.6cm、対照区が128.6cmであり、有意差はないが1.0cmDDGS区が低かった。試験終了時ではDDGS区が128.0cm、対照区が129.3cmであった。



供試牛の体高の1日増加量はどの期間においても試験区間差は見られず、ほぼ同様であった。試験開始から終了までで両試験区ともほとんど成長していなかった。このことから、体高に関しては若齢のホルスタイン去勢肥育牛の出荷前3ヵ月間のDDGS給与の影響はほとんどないことが示唆された。

また、この時期では体高はほとんど変化しないことが示唆された。

表4 供試牛の1日1頭あたりの体高の最小二乗平均値の変化(cm)

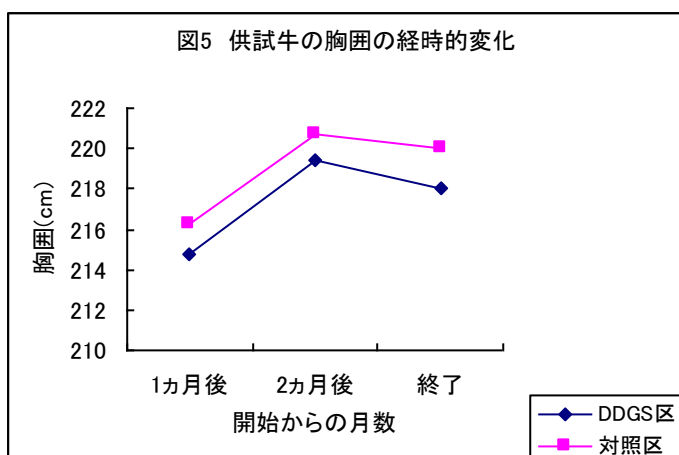
	DDGS 区	対照区	有意性
開始～1ヵ月後	-0.07±0.11	-0.01±0.11	ns
1～2ヵ月後	0.10±0.09	0.01±0.13	ns
2ヵ月後～終了	-0.10±0.18	0.02±0.21	ns
開始～終了	-0.02±0.05	0.00±0.03	ns

最小二乗平均値±SD

ns : 有意差無し (p>0.1)

(4) 胸囲

供試牛の胸囲の最小二乗平均値の経時的变化を図5に示した。試験開始1ヵ月後ではDDGS区が214.8cm、対照区が216.2cmであり、その後もほぼ同様の増加を示した。試験終了時ではDDGS区が218.0cm、対照区が220.0cmであった。



供試牛の胸囲の1日増加量は、試験開始からほぼ同様の増加量を示した(表5)。試験期間中の1日当たりの胸囲増加量はDDGS区が0.049cm、対照区が0.071cmと有意差はないが若干DDGS区が少なかった。

これらのことから、黒毛和種雌肥育牛へのDDGS給与は胸囲に大きな影響を及ぼさないことが示唆された。

表5 供試牛の1日1頭あたりの胸囲の最小二乗平均値の変化(cm)

	DDGS区	対照区	有意性
開始～1ヵ月後	0.023±0.084	0.064±0.080	ns
1～2ヵ月後	0.169±0.182	0.181±0.122	ns
2ヵ月後～終了	-0.060±0.170	-0.045±0.215	ns
開始～終了	0.049±0.053	0.071±0.036	ns

最小二乗平均値±SD

ns : 有意差無し (p>0.1)

以上のことから、黒毛和種雌肥育牛へのDDGS15%添加飼料の給与は成長に影響をほとんど及ぼさないことが示唆された。また、本試験の供試牛は肥育後期のいわゆる肉を枯らす時期であったため体重、体高、胸囲とも大きな変化を示さなかったと思われる。

5 コスト及び実用性

供試牛の試験区ごとの飼料費を表13に示した。試験期間中の飼料費はDDGS区が24051.2円、対照区が27023.8円とDDGS区が2972.6円安価であった。1頭あたりにするとDDGS区が297.3円安価となった。

増体量はDDGS区がわずかに小さかったものの両試験区でほぼ同様であり、飼料費も297.3円DDGS区が安価であった。また、その他測定項目に大きな差は見られなかったことから、DDGSの黒毛和種雌肥育牛への肥育後期3ヵ月間の給与は通常の濃厚飼料と同等の使用が可能であることが示唆された。

表 6 供試牛の試験期間飼料費

	DDGS 区	対照区	試験区間差
試験期間採食量(kg)	525.1	540.5	-15.3
飼料単価(kg/円)	45.8	50.0	-4.2
試験期間飼料費(円)	24051.2	27023.8	-2972.6
1 頭あたり試験期間飼料費 (円)	2405.1	2702.4	-297.3

飼料単価: 対照区を平均相場 50 円とし、DDGS を 22 円とし算出した。

6 参考文献

独立行政法人農業技術研究機構編. 2002. 日本標準飼料成分表(2001 年版). 76-79. 中央畜産会, 東京.

高橋奈緒子, 川井直子, 金子武生, 木村信熙, 2008. トウモロコシ蒸留粕 (DDGS) の高温および加湿高温保存時における品温, 水分, 油脂性状, トコフェロール含量, 色およびにおいの変化. 日本畜産学会報 Vol. 79 369-376.

課題名：DDGS の一般成分及び有害物質等の分析調査 (平成 19 年度～21 年度)

社団法人 日本科学飼料協会 米持千里

1. 緒言

現在、世界のエネルギー源の大部分は化石燃料である原油に依存しているが、21 世紀の半ばには、原油が枯渇することが予想されている。このため、その代替策として太陽光発電、風力発電などとともに再生可能なバイオマスから抽出したバイオエタノールの利活用が模索されており、現在、米国ではトウモロコシを原料としたバイオエタノール生産が、カナダ、オーストラリアおよび EU では小麦を原料としたバイオエタノール生産が盛んに進められている（西尾道徳, 2007）。また、わが国でも、米を原料としたバイオエタノールの生産が始まっている（国土交通省北海道開発局, 2009）。特に、バイオエタノール生産の動きが活発な米国においては、2001 年におけるバイオエタノールの生産量は 640 万キロリットルであったものが、2006 年には 1,850 万キロリットルと 3 倍増となっており、今後、2012 年までに 2,840 万キロリットルまで増産する目標が示されている（新エネルギー・産業技術総合開発機構, 2007）。

このような穀類を原料としたバイオエタノール生産工程で、共産物（co products）として生産されるのがジスチラーズグレイン（DDG、Distiller's Dried Grains）やジスチラーズグレインソリュブル（DDGS、Distiller's Dried Grains with Solubles）であり、トウモロコシ DDGS の場合、旧製法により製造された DDGS と新製法で製造された DDGS では、一般成分に差があるなど（Sally Noll, 2003; 木村, 2005）、DDGS の一般成分の変動を把握しておくことは、DDGS を飼料原料として活用してゆく上で重要なことといえる。

また、原料となる穀類では、アフラトキシンやデオキシニバレノール（DON）等のカビ毒の汚染は、程度の差はあるものの避けられないものとされている（日本科学飼料協会, 2008）。トウモロコシを用いてバイオエタノール生産の場合、原料として用いるトウモロコシ 100kg から 40.2 リットルのエタノールと 32kg の二酸化炭素および 32kg の DDGS が得られるとされ（木村, 2008）、DDGS では、原料として用いる穀類が含有する炭水化物以外の成分が約 3 倍に濃縮されるため、穀類がカビ毒に汚染されている場合には、DDGS のカビ毒濃度も約 3 倍に濃縮されることが知られている。また、エタノールの生産工程で異常発酵を抑制するために抗菌性物質を使用する可能性があることが、DDGS のリスクファクターとして挙げられており（Zhang Y. and Sido J., 2008）、DDG や DDGS が含む可能性のあるカビ毒や抗菌性物質についても、常にモニタリングを行う必要があることも指摘されている。

これらのことを受けて、日本科学飼料協会では、中央畜産会からの委託を受けて、平成 19 年度から 21 年度において、トウモロコシ DDGS を含め様々な DDG や DDGS

を入手し、その一般成分、カビ毒および抗菌性物質含有量の調査を行った。

2. 材料および方法

2-1 供試 DDGS

ウイルバーエリス株式会社、オエノンホールディングス株式会社、飼料輸出入協議会、全国農業協同組合連合会、全国酪農業協同組合連合会、日本飼料工業会およびホクレン農業協同組合連合会の協力を得て、トウモロコシ DDGS 51 試料（米国産）、小麦・トウモロコシ DDGS 11 飼料（カナダ産）、小麦 DDGS 5 試料（カナダ産）、小麦 DDG 3 試料（国産）および精白米 DDGS 3 試料（国産）を収集した。その詳細は表 1 に示したとおりである。

表 1 供試 DDGS

供試品	収集年度	収集点数	生産国
トウモロコシ DDGS	19	31	米国
	20	8	
	21	12	
小麦・トウモロコシ DDGS	20	5	カナダ
	21	6	
小麦 DDGS	20	5	カナダ
小麦 DDG	21	3	日本
精白米 DDGS	21	3	日本
計		73	

2-2 分析

(1) 一般成分

飼料分析基準の方法（飼料分析基準研究会, 2004）により、水分、粗たん白質（CP）、粗脂肪、粗繊維、粗灰分および可溶無窒素物（NFE）を分析した。なお、平成 19 年度に実施した調査の中で、トウモロコシ DDGS の水分を分析する場合に、従来、穀類等の水分含有量測定に用いる加熱減量法の条件（135℃、2 時間）では、水分以外の揮発性物質等が影響して、実際の水分含有量より高目の値が出ること、また、分析値のバラツキが大きいことが明らかとなったことから、本調査では、フィッシュソリュブル吸着飼料、糖蜜吸着飼料およびグルテンフィードについて規定されている条件（105℃3 時間）を用いて分析を行った。

(2) 総エネルギー（GE）

平成 20 年度および 21 年度に収集した試料について、ボンブ・カロリーメー

ターにより GE を分析した。

(3) 酸性デタージェント繊維 (ADF)、中性デタージェント繊維 (NDF)

飼料分析基準の方法 (飼料分析基準研究会, 2004) により ADF および NDF を分析した。

(4) 農薬

平成 19 年度に収集した試料では、アセトクロール、アトラジン、アメトリン、アラクロール、アレスリン、エトプロホス、クロルピリホス、クロルピリホスメチル、グリホサート、グルホシネート、ジメテナミド、ジメトエート、ダイアジノン、テルフトリン、テルブホス、デルタメトリン、トリアジメノール、パラチオンメチル、ピリミホスメチル、フィプロニル、フェニトロチオン、フェンバレレート、フェンプロパトリン、プロパクロール、プロパルギット、プロメトリン、ペンディメタリン、ホレート、マラチオンおよびメトラクロールの 30 成分を分析した。しかし、後述するとおり、除草剤であるグリホサートおよびグルホシネート以外の農薬は全く検出されなかったことから、平成 20 年度および 21 年度に収集した試料ではグリホサートおよびグルホシネートのみに対象を絞って分析を行った。

分析は、飼料分析基準の方法 (飼料分析基準研究会, 2004) を用い、それぞれの定量下限は、グリホサートでは 0.1ppm、その他の成分では 0.02ppm であった。

(5) カビ毒

アフラトキシン B₁、ゼアラレノン、デオキシニバレノール、フモニシン B₁ および T-2 トキシンを分析した。

分析は、飼料分析基準の方法 (飼料分析基準研究会, 2004) を用い、それぞれの定量下限は、アフラトキシン B₁ およびゼアラレノンでは 0.01ppm、デオキシニバレノールでは 0.04ppm、T-2 トキシンでは 0.08ppm、フモニシン B₁ では 0.10ppm であった。

(6) 抗生物質

平成 19 年度および 20 年度に収集した試料では、バージニアマイシン、ベンジルペニシリン、ストレプトマイシン、カナマイシンおよびタイロシンの 5 成分を、平成 21 年度に収集した試料ではこれらに加えてエリスロマイシンを分析した。

分析は、飼料分析基準の方法 (飼料分析基準研究会, 2004) に準じ、それぞれの定量下限は、バージニアマイシンでは 0.5ppm、ベンジルペニシリンでは 0.01ppm、ストレプトマイシンおよびカナマイシンでは 0.2ppm、エリスロマイシンおよびタイロシンでは 0.1ppm であった。

3. 調査結果

3-1 トウモロコシ DDGS

(1) 一般成分、GE、ADF および NDF の年次変動

トウモロコシ DDGS の水分、CP、粗脂肪、粗繊維、粗灰分、NFE、GE、ADF および NDF 含有量を表 2-1 に示した。

表 2-1 トウモロコシ DDGS の水分、CP、粗脂肪、粗繊維、粗灰分、NFE、GE、ADF および NDF

項目	収集年度	平均	標準偏差	変動係数	最小値	最大値
水分 (%)	H19	9.0 ^A	1.4	15.7	6.1	11.3
	H20	10.6 ^B	1.4	13.3	9.0	12.7
	H21	10.0 ^B	0.9	9.3	8.7	12.0
CP (乾物、%)	H19	28.6 ^A	0.9	3.2	26.2	29.8
	H20	30.4 ^B	1.7	5.4	27.8	32.9
	H21	28.3 ^A	0.4	1.6	27.7	29.1
粗脂肪 (乾物、%)	H19	12.1 ^A	1.3	10.7	9.7	14.1
	H20	12.5 ^{AB}	1.5	11.6	9.2	13.9
	H21	13.0 ^B	0.5	3.9	12.4	14.2
粗繊維 (乾物、%)	H19	7.6 ^B	0.7	8.9	6.1	9.0
	H20	7.8 ^B	0.8	9.7	6.9	9.1
	H21	6.9 ^A	0.4	5.5	6.3	7.4
粗灰分 (乾物、%)	H19	5.0	0.4	8.5	4.2	6.0
	H20	4.9	0.3	5.7	4.6	5.4
	H21	5.0	0.2	4.7	4.6	5.5
NFE (乾物、%)	H19	46.8 ^B	2.0	4.3	43.8	50.8
	H20	44.3 ^A	2.7	6.1	41.7	50.7
	H21	46.9 ^B	1.0	2.1	45.2	48.0
GE (乾物、 Mcal/kg)	H20	5.29	0.09	1.7	5.09	5.39
	H21	5.30	0.09	1.8	5.21	5.58
ADF (乾物、%)	H19	16.6 ^B	3.5	20.9	9.2	27.4
	H20	17.0 ^B	3.8	22.6	12.1	22.1
	H21	13.1 ^A	3.3	24.9	7.6	17.2
NDF (乾物、%)	H19	43.2 ^C	6.2	14.2	31.8	57.0
	H20	38.8 ^B	3.4	8.9	32.7	44.2
	H21	33.1 ^A	1.8	5.5	30.4	36.0

分析点数；平成 19 年度 31 試料、平成 20 年度 8 試料、平成 21 年度 12 試料

^{AB} 異付号間に有意差あり (p<0.05)

平成 19 年度に収集した 31 試料に比べて、平成 20 年度および 21 年度に収集した試料（8 試料および 12 試料）の水分含有量は、いずれも、有意に高かったため、その他の一般成分、ADF および NDF に関しては乾物値で示した。

トウモロコシ DDGS の主な成分である CP、粗脂肪および NFE 含有量には年度間で有意差が認められた。すなわち、CP では平成 20 年度に収集した試料が

平成 19 年度および 21 年度に収集した試料に比べて有意に高く、粗脂肪では平成 21 年度に収集した試料が平成 19 年度に収集した試料に比べて有意に高かった。また、NFE は、CP とは逆に平成 19 年度および 21 年度に収集した試料が平成 19 年度に収集した試料に比べて有意に高かった。

しかし、収集年度毎の各成分の変動は、トウモロコシ DDGS の栄養価の暫定値申請が行われた当時の申請データの変動（木村，2005）と大きな相違は認められないことから、とうもろこし DDGS の成分変動幅は一般の飼料穀物や製造副産物とほとんど差がないものと思われる。また、わが国に輸入されるトウモロコシ DDGS は、輸入商社や飼料製造業者が、取引前に製造工場の現地調査による製造状況の確認等を行っているため、DDGS の成分変動に大きく影響するとされる製造方法や工程の違い（Sally Noll, 2003; 木村, 2005）が比較的少ないものと推察されるが、原料となるとうもろこしの成分等は天候等によっても変動することが予想されることから、今後も、DDGS の一般成分の全体的な傾向を把握するため、モニタリングを継続する必要があるものと思われた。

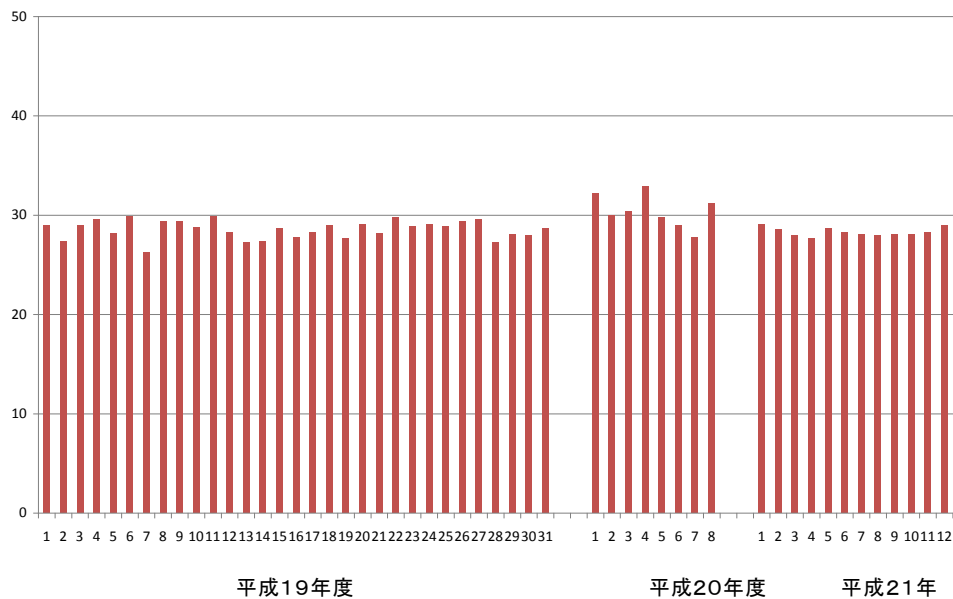


図 1-1 トウモロコシ DDGS の CP 含有量 (乾物%)

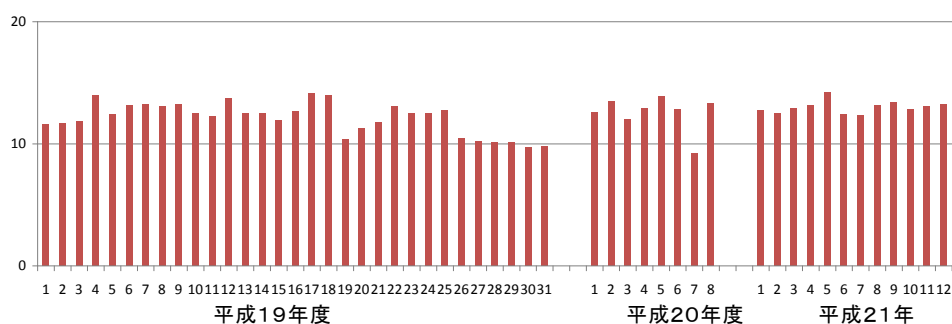


図 1-2 トウモロコシ DDGS の粗脂肪含有量（乾物%）

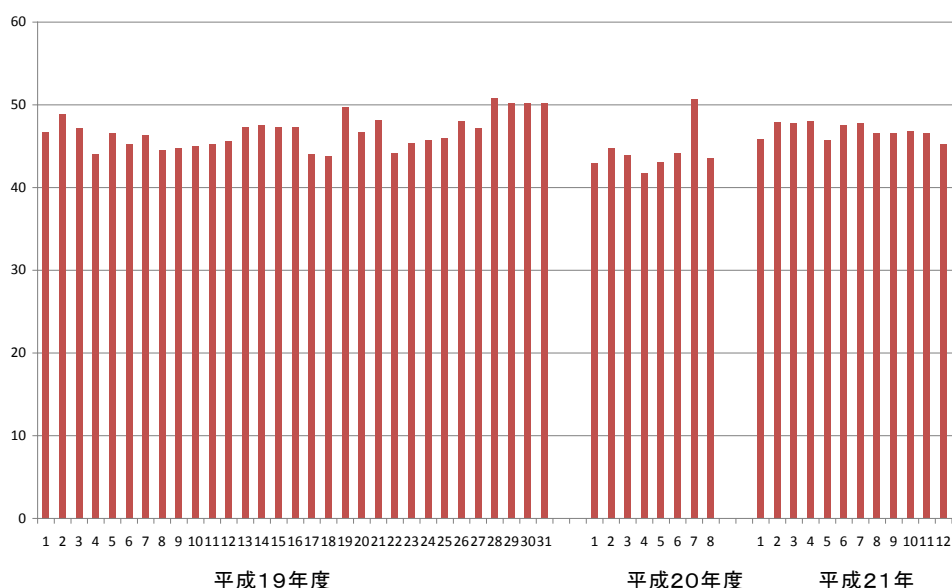


図 1-3 トウモロコシ DDGS の NFE 含有量（乾物%）

(2) 農薬含有量の年次変動

トウモロコシ DDGS の農薬含有量を表 2-2 に示した。

平成 19 年度に収集した試料では、代表的な除草剤であるグリホサートおよびグルホシネートを含めトウモロコシ栽培時に使用される可能性のある農薬を計 30 成分について分析を行った。その結果、除草剤として用いられるグリホサートおよびグルホシネートがそれぞれ 7 および 27 試料（検出率；22.6 および 87.1%）で検出されたが、その他の農薬成分はいずれも検出されなかった（定量下限値；0.02ppm）。

このため、平成 20 年度および 21 年度では、グリホサートおよびグルホシネートの 2 農薬を対象を絞って分析を実施したが、平成 20 年度ではグリホサートおよびグルホシネートが 3 試料および 2 試料（検出率；37.5 および 25.0%）されたものの、平成 21 年度ではいずれの試料からも検出されなかった（定量下限値；グリホサート 0.1ppm、グルホシネート 0.02ppm）。

なお、わが国では、飼料穀物中のグリホサートおよびグルホシネート含有量に関して穀類毎に許容基準値が定められている（農林省, 1976）。それらの許容基準値の中で最も低く基準値が設定されているのは、グリホサートの場合はライ麦の 0.2ppm、グルホサートの場合はトウモロコシの 0.1ppm であるが、平成 19 年度および 20 年度に収集したトウモロコシ DDGS において検出されたグリホサートおよびグルホシネート含有量の最大値はそれぞれ 0.18ppm および 0.06ppm であり、いずれも、前述の基準値を下回っていた。

表 2-2 トウモロコシ DDGS のグリホサートおよびグルホシネート含有量
(原物、ppm)

項目	収集年度	検出数	検出率 (%)	平均	最小値	最大値
グリホサート	H19	7	22.6	0.13	0.10	0.18
	H20	3	37.5	0.16	0.15	0.18
	H21	0	0	—	—	—
グルホシネート	H19	27	87.1	0.04	0.02	0.06
	H20	2	25.0	0.05	0.04	0.06
	H21	0	0	—	—	—

分析点数；平成 19 年度 31 試料、平成 20 年度 8 試料、平成 21 年度 12 試料
定量下限；グリホサート 0.1ppm、グルホシネート 0.02ppm

(3) カビ毒含有量の年次変動

トウモロコシ DDGS のカビ毒含有量を表 2-3 に示した。

アフラトキシン B₁ は、いずれの年度に収集した試料からも検出されなかった（定量限界；0.01ppm）。

一方、ゼアラレノン¹は各年度で収集した試料すべてから検出された。また、デオキシニバレノールも平成 20 年度に収集した 8 試料中 1 試料以外のすべてから検出された（定量限界；0.04ppm）。

フモニシン B₁ については、平成 19 年度に収集した試料中 17 試料で、平成 20 年度に収集した試料中 5 試料で、平成 21 年度に収集した試料すべてで検出された（検出率；54.8、62.5 および 100%）（定量限界；0.01ppm）。T-2 トキシンは平成 20 年度に収集した試料からは検出されなかったが、平成 19 年度に収集した試料中 7 試料で、平成 21 年度に収集した試料中 9 試料から検出された（検出率；22.6 および 75.0%）（定量限界；0.1ppm）。

わが国では、これらのカビ毒のうち、アフラトキシン B₁、ゼアラレノンおよびデオキシニバレノールについて配合飼料中での許容基準値（農林水産省, 1988；農林水産省, 2002a；2002b）が定められているが、デオキシニバレノールについては、平成 19 年度に収集した試料で配合飼料中の許容基準値 2 ppm を超えるものが 4 試料見られるなど、原料として使用されるトウモロコシの汚染状況を含めて、今後も、モニタリングを継続する必要があるものと思われる。

なお、図2に示したとおりトウモロコシ DDGS 中のデオキシニバレノール含有量とゼアラレノン含有量の間には有意な相関関係が認められ、トウモロコシ両者の間で成立した直線回帰式 $Y=0.0801X+0.0508$ (X ; デオキシニバレノール含有量 (ppm)、Y ; ゼアラレノン含有量 (ppm)) から、トウモロコシ DDGS でデオキシニバレノールが間出される場合には、1/10 程度のゼアラレノンも含有しているものと考えて良いであろう。

表2-3 トウモロコシ DDGS のカビ毒含有量 (原物、ppm)

項目	収集年度	検出数	検出率 (%)	平均	最小値	最大値
アフラトキシン B ₁	H19	0	0	—	—	—
	H20	0	0	—	—	—
	H21	0	0	—	—	—
ゼアラレノン	H19	31	100	0.14	0.01	0.35
	H20	8	100	0.08	0.01	0.14
	H21	12	100	0.11	0.05	0.17
デオキシニバレノール	H19	31	100	1.16	0.15	2.88
	H20	7	87.5	0.11	0.01	0.16
	H21	12	100	1.03	0.50	1.40
フモニシン B ₁	H19	17	54.8	0.42	0.13	0.99
	H20	5	62.5	0.05	0.04	0.05
	H21	12	100	0.10	0.03	0.25
T-2 トキシン	H19	7	22.6	0.01	0.01	0.01
	H20	0	0	—	—	—
	H21	9	75.0	0.02	0.01	0.02

分析点数 ; 平成 19 年度 31 試料、平成 20 年度 8 試料、平成 21 年度 12 試料
 定量下限 ; アフラトキシン B₁、ゼアラレノンおよび T - 2 トキシン 0.001ppm、デオキシニバレノール 0.04ppm、フモニシン B₁ 0.1ppm

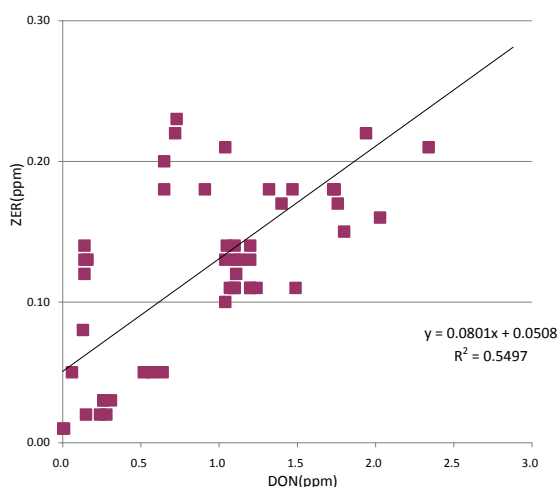


図2 トウモロコシ DDGS 中のデオキシニバレノールとゼアラレノン含有量

(4) 抗生物質の年次変動

トウモロコシ DDGS の抗生物質含有量を表 2-4-1 および 2-4-2 に示した。

調査した抗生物質は、いずれの年度に収集した試料からも検出されなかった（定量限界；バージニアマイシン 0.5ppm、ベンジルペニシリン 0.01ppm、ストレプトマイシンおよびカナマイシン 0.2ppm、エリスロマイシンおよびタイロシン 0.1ppm）。

表 2-4-1 トウモロコシ DDGS の抗生物質含有量（原物、ppm）

項目	収集年度	検出数	検出率 (%)
バージニアマイシン	H19	0	0
	H20	0	0
	H21	0	0
ベンジルペニシリン	H19	0	0
	H20	0	0
	H21	0	0
ストレプトマイシン	H19	0	0
	H20	0	0
	H21	0	0
タイロシン	H19	0	0
	H20	0	0
	H21	0	0
カナマイシン	H19	0	0
	H20	0	0
	H21	0	0
エリスリマイシン	H21	0	0

分析点数；平成 19 年度 31 試料、平成 20 年度 8 試料、平成 21 年度 12 試料

定量下限；バージニアマイシン 0.5ppm、ベンジルペニシリン 0.01ppm、ストレプトマイシンおよびカナマイシン 0.2ppm、エリスロマイシンおよびタイロシン 0.1ppm

3-2 小麦・トウモロコシ DDGS

(1) 一般成分、GE、ADF および NDF の年次変動

小麦・トウモロコシ DDGS の水分、CP、粗脂肪、粗繊維、粗灰分、NFE、GE、ADF および NDF 含有量を表 3-1 に示した。なお、小麦・トウモロコシ DDGS については、平成 20 年度および 21 年度に試料収集を行っており、両年度の試料の水分含有量には有意差は認められなかったが、前項のトウモロコシ DDGS と同様に、その他の一般成分、ADF および NDF に関しては乾物値で示した。

小麦・トウモロコシ DDGS の主な成分である CP、粗脂肪および NFE 含有量

を含め、すべての項目で収集年度間に有意差が認められた。すなわち、CP および NFE では平成 21 年度に収集した試料が平成 20 年度に収集した試料に比べて有意に高く、粗脂肪では平成 21 年度に収集した試料が平成 20 年度に収集した試料に比べて有意に高かった。

しかし、収集年度毎の各成分の変動は、小麦・トウモロコシ DDGS の栄養価の暫定値申請が行われた当時の申請データの変動係数（農業・食品産業技術総合研究機構，2010）と大きな相違は認められないこと、また、小麦・とうもろこし DDGS の製造工場はカナダ国内の 1 工場のみであることを考えると、これらの差には、原料となる小麦やトウモロコシの品質が比較的大きく影響しているものと思われ、今後も、全体的な傾向を把握するためのモニタリングを継続する必要がある。

表 3-1 小麦・トウモロコシ DDGS の水分、CP、粗脂肪、粗繊維、粗灰分、NFE、GE、ADF および NDF

項目	収集年度	平均	標準偏差	変動係数	最小値	最大値
水分 (%)	H20	11.1	0.1	1.2	11.0	11.3
	H21	11.3	0.9	8.1	9.8	12.2
CP (乾物、%)	H20	36.9 ^A	0.2	0.7	36.7	37.3
	H21	38.6 ^B	0.3	0.9	38.2	39.1
粗脂肪 (乾物、%)	H20	8.3 ^B	0.4	4.3	7.9	8.8
	H21	6.4 ^A	0.3	4.2	6.2	6.9
粗繊維 (乾物、%)	H20	6.8 ^B	0.4	5.6	6.3	7.2
	H21	5.7 ^A	0.3	5.6	5.4	6.1
粗灰分 (乾物、%)	H20	5.2 ^B	0.1	1.1	5.1	5.2
	H21	4.9 ^A	0.1	1.7	4.8	5.0
NFE (乾物、%)	H20	42.9 ^A	0.8	1.9	42.0	43.8
	H21	44.4 ^B	0.6	1.4	43.6	45.1
GE (乾物、 Mcal/kg)	H20	5.16 ^B	0.03	0.5	5.12	5.19
	H21	5.09 ^A	0.03	0.6	5.06	5.12
ADF (乾物、%)	H20	14.8 ^A	1.2	8.2	13.2	16.1
	H21	20.3 ^B	1.9	9.2	17.5	21.9
NDF (乾物、%)	H20	39.6 ^B	10.5	26.6	31.4	51.6
	H21	27.1 ^A	2.8	10.3	22.4	29.3

分析点数；平成 20 年度 5 試料、平成 21 年度 6 試料

^{AB} 異付号間に有意差あり (p<0.05)

(2) 農薬含有量の年次変動

小麦・トウモロコシ DDGS の農薬含有量を表 3-2 に示した。

平成 20 年度に収集した試料では、グリホサートは検出されなかった（定量下限；0.1ppm）が、5 試料中 2 試料でグルホシネートが 0.02~0.03ppm 検出された。一方、平成 21 年度に収集した 6 試料ではすべてからグリホサートが検出された（1.6~2.2ppm）が、グルホシネートは検出されなかった（定量限界；0.02ppm）。

この原因としては、原料として用いる小麦やトウモロコシへの農薬の散布状況が異なっていた可能性が示唆される。なお、飼料用トウモロコシおよび小麦における基準値（1ppm および 5ppm）のほぼ中間的な値であって、小麦・トウモロコシ DDGS の使用により、飼料の安全性が懸念されるほどの量ではないが、本調査では極端な年次変化が認められていることからして、今後も継続的なモニタリングが必要であるものと思われる。

表 3-2 小麦・トウモロコシ DDGS のグリホサートおよびグルホシネート含有量（原物、ppm）

項目	収集年度	検出数	検出率 (%)	平均	最小値	最大値
グリホサート	H20	0	0	—	—	—
	H21	6	100	2.2	1.6	2.7
グルホシネート	H20	2	40.0	0.03	0.02	0.03
	H21	0	0	—	—	—

分析点数；平成 20 年度 5 試料、平成 21 年度 6 試料

定量下限；グリホサート 0.1ppm、グルホシネート 0.02ppm

(3) カビ毒含有量の年次変動

小麦・トウモロコシ DDGS のカビ毒含有量を表 3-3 に示した。

アフラトキシン B₁ およびフモニシン B₁ は平成 20 年度に収集した 5 試料中 1 試料で 0.001 および 0.09ppm 検出されたが、平成 21 年度に収集した 6 試料からは検出されなかった（定量限界；アフラトキシン B₁ 0.001ppm、フモニシン 0.01ppm）。

T-2 トキシンは、平成 20 年度に収集した 5 試料では 1 試料のみから 0.009ppm 検出されたのみであったが、平成 21 年度に収集した試料では 6 試料すべてから 0.009~0.018ppm 検出された。

これらに対して、ゼアラレノンおよびデオキシニバレノールは、両年度で収集した試料すべてから検出された。しかし、それぞれで検出された最大量は、いずれも、わが国の配合飼料中での許容基準値（農林水産省、2002a; 2002b）を下回っていることから、小麦・トウモロコシ DDGS が含むカビ毒が直ちに配合飼料の安全性に影響を及ぼすことはないものと思われる。

表3-3 小麦・トウモロコシ DDGS のカビ毒含有量 (原物、ppm)

項目	収集年度	検出数	検出率 (%)	平均	最小値	最大値
アフラトキシン B ₁	H20	1	20.0	0.001	—	—
	H21	0	0	—	—	—
ゼアラレノン	H20	5	100	0.052	0.001	0.109
	H21	6	100	0.005	0.003	0.008
デオキシニバレノール	H20	5	100	0.30	0.01	0.76
	H21	6	100	0.21	0.16	0.26
フモニシン B ₁	H20	1	20.0	0.090	—	—
	H21	0	0	—	—	—
T2 トキシン	H20	1	20.0	0.009	—	—
	H21	6	100	0.013	0.009	0.018

分析点数；平成 20 年度 5 試料、平成 21 年度 6 試料
 定量下限；アフラトキシン B₁、ゼアラレノンおよび T - 2 トキシン 0.001ppm、デオキシニバレノール 0.04ppm、フモニシン B₁ 0.01ppm

(4) 抗生物質含有量の年次変動

小麦・トウモロコシ DDGS の抗生物質含有量を表 3-4 に示した。

調査した抗生物質は、いずれの年度に収集した試料からも検出されなかった (定量限界；バージニアマイシン 0.5ppm、ベンジルペニシリン 0.01ppm、ストレプトマイシンおよびカナマイシン 0.2ppm、エリスロマイシンおよびタイロシン 0.1ppm)。

表3-4 小麦・トウモロコシ DDGS の抗生物質含有量 (原物、ppm)

項目	収集年度	検出数	検出率 (%)
バージニアマイシン	H20	0	0
	H21	0	0
ベンジルペニシリン	H20	0	0
	H21	0	0
ストレプトマイシン	H20	0	0
	H21	0	0
タイロシン	H20	0	0
	H21	0	0
カナマイシン	H20	0	0
	H21	0	0
エリスリマイシン	H21	0	0

分析点数；平成 20 年度 5 試料、平成 21 年度 6 試料
 定量下限；バージニアマイシン 0.5ppm、ベンジルペニシリン 0.01ppm、ストレプトマイシンおよびカナマイシン 0.2ppm、エリスロマイシンおよびタイロシン 0.1ppm

3-3 小麦 DDG、小麦 DDGS および精白米 DDGS

(1) 一般成分、GE、ADF および NDF

小麦 DDG、小麦 DDGS および精白米 DDGS の水分、CP、粗脂肪、粗繊維、粗灰分、NFE、GE、ADF および NDF 含有量を表 4-1 に示した。

これら 3 種類の供試品については、いずれも収集年度が単年度であることから、年次変動の比較は出来ないが、水分、ADF および NDF を除く各成分の変動は、非常に小さかった。

表 4-1 小麦 DDG、小麦 DDGS および精白米 DDGS の水分、CP、粗脂肪、粗繊維、粗灰分、NFE、GE、ADF および NDF

項目	製品	平均	標準偏差	変動係数	最小値	最大値
水分 (%)	小麦 DDG	7.7	1.7	21.9	6.6	9.6
	小麦 DDGS	10.8	0.3	3.0	10.4	11.3
	精白米 DDGS	7.6	1.6	20.7	5.9	9.0
CP (乾物、%)	小麦 DDG	40.6	0.8	1.9	39.8	41.3
	小麦 DDGS	38.2	0.9	2.4	36.8	39.3
	精白米 DDGS	48.5	0.6	1.2	47.9	49.0
粗脂肪 (乾物、%)	小麦 DDG	7.9	0.2	2.9	7.6	8.0
	小麦 DDGS	5.1	0.7	13.1	4.2	5.9
	精白米 DDGS	4.3	0.8	19.4	3.8	5.3
粗繊維 (乾物、%)	小麦 DDG	8.8	0.4	4.0	8.4	9.1
	小麦 DDGS	6.5	0.2	2.3	6.4	6.7
	精白米 DDGS	1.4	0.2	10.7	1.3	1.6
粗灰分 (乾物、%)	小麦 DDG	2.6	0.1	2.2	2.6	2.7
	小麦 DDGS	5.2	0.1	1.5	5.1	5.3
	精白米 DDGS	3.8	0.1	1.5	3.8	3.9
NFE (乾物、%)	小麦 DDG	32.4	0.5	1.4	31.9	32.7
	小麦 DDGS	44.9	0.6	1.4	44.0	45.6
	精白米 DDGS	34.3	0.2	0.5	34.1	34.4
GE (乾物、 Mcal/kg)	小麦 DDG	5.02	0.10	2.1	4.90	5.09
	小麦 DDGS	5.07	0.03	0.5	5.04	5.10
	精白米 DDGS	4.92	0.11	2.3	4.82	5.04
ADF (乾物、%)	小麦 DDG	26.0	1.4	5.4	25.0	27.6
	小麦 DDGS	15.6	1.9	12.2	13.6	18.6
	精白米 DDGS	9.6	6.7	70.2	5.2	17.3
NDF (乾物、%)	小麦 DDG	38.0	2.2	5.9	35.6	40.0
	小麦 DDGS	34.8	2.9	8.5	32.0	39.2
	精白米 DDGS	10.2	10.0	97.9	4.1	21.8

分析点数；小麦 DDG 3 試料、小麦 DDGS 5 試料、精白米 DDGS 3 試料

(2) 農薬含有量

小麦 DDG、小麦 DDGS および精白米 DDGS の農薬含有量は表 4-2 に示したとおりであって、3 種類の供試品のいずれの試料においてもグリホサートおよびグルホシネートは検出されなかった（定量下限；グリホサート 0.1ppm、グリホサートが検出された（1.6～2.2ppm）が、グリホシネート 0.02ppm）。

表 4-2 小麦 DDG、小麦 DDGS および精白米 DDGS のグリホサートおよびグルホシネート含有量（原物、ppm）

項目	収集年度	検出数	検出率 (%)	平均	最小値	最大値
グリホサート	小麦 DDG	0	0	—	—	—
	小麦 DDGS	0	0	—	—	—
	精白米 DDGS	0	0	—	—	—
グルホシネート	小麦 DDG	0	0	—	—	—
	小麦 DDGS	0	0	—	—	—
	精白米 DDGS	0	0	—	—	—

分析点数；小麦 DDG 3 試料、小麦 DDGS 5 試料、精白米 DDGS 3 試料
 定量下限；グリホサート 0.1ppm、グリホシネート 0.02ppm

(3) カビ毒含有量

小麦 DDG、小麦 DDGS および精白米 DDGS のカビ毒含有量を表 4-3 に示した。

小麦 DDG では、供試した 3 試料すべてにおいて、アフラトキシン B₁、フモニシン B₁ および T-2 トキシンは検出されなかった（定量限界；アフラトキシン B₁ および T-2 トキシン 0.001ppm、フモニシン 0.01ppm、）。しかし、ゼアラレノンおよびデオキシニバレノールは 3 試料すべてから 0.081～0.098ppm および 0.570～0.580ppm 検出された。

小麦 DDGS では、アフラトキシン B₁ および T-2 トキシンが 5 試料中 1 試料から 0.001ppm および 0.008ppm 検出され、ゼアラレノン、デオキシニバレノール およびフモニシン B₁ が 5 試料すべてから 0.049～0.093ppm、0.300～0.760ppm および 0.030～0.200ppm 検出された。

精白米 DDGS では、供試した 3 試料のいずれからも検出されなかった（定量限界；アフラトキシン B₁、ゼアラレノン および T-2 トキシン 0.001ppm、デオキシニバレノール 0.04ppm、フモニシン 0.01ppm、）。

表4-3 小麦 DDG、小麦 DDGS および精白米 DDGS のカビ毒含有量（原物、ppm）

項目	収集年度	検出数	検出率 (%)	平均	最小値	最大値
アフラトキシン B ₁	小麦 DDG	0	0	—	—	—
	小麦 DDGS	1	20.0	0.001	—	—
	精白米 DDGS	0	0	—	—	—
ゼアラレノン	小麦 DDG	3	100	0.091	0.081	0.098
	小麦 DDGS	5	100	0.074	0.049	0.093
	精白米 DDGS	0	0	—	—	—
デオキシニバレノール	小麦 DDG	3	100	0.577	0.570	0.580
	小麦 DDGS	5	100	0.600	0.300	0.760
	精白米 DDGS	0	0	—	—	—
フモニシン B ₁	小麦 DDG	0	0	—	—	—
	小麦 DDGS	5	100	0.114	0.030	0.200
	精白米 DDGS	0	0	—	—	—
T2 トキシシン	小麦 DDG	0	0	—	—	—
	小麦 DDGS	1	20.0	0.008	—	—
	精白米 DDGS	0	0	—	—	—

分析点数；小麦 DDG 3 試料、小麦 DDGS 5 試料、精白米 DDGS 3 試料
 定量下限；アフラトキシン B₁、ゼアラレノンおよび T-2 トキシシン 0.001ppm、
 デオキシニバレノール 0.04ppm、フモニシン B₁ 0.01ppm

(4) 抗生物質含有量

小麦 DDG、小麦 DDGS および精白米 DDGS の抗生物質含有量を表4-4-1 および4-4-2 に示した。

いずれの供試品においても検出されなかった（定量限界；バージニアマイシン 0.5ppm、ベンジルペニシリン 0.01ppm、ストレプトマイシンおよびカナマイシン 0.2ppm、エリスロマイシンおよびタイロシン 0.1ppm）。

表4-4-1 小麦 DDG、小麦 DDGS および精白米 DDGS の抗生物質含有量（原物、ppm）

項目	収集年度	検出数	検出率 (%)
バージニアマイシン	小麦 DDG	0	0
	小麦 DDGS	0	0
	精白米 DDGS	0	0
ベンジルペニシリン	小麦 DDG	0	0
	小麦 DDGS	0	0
	精白米 DDGS	0	0

分析点数；小麦 DDG 3 試料、小麦 DDGS 5 試料、精白米 DDGS 3 試料
 定量下限；バージニアマイシン 0.5ppm、ベンジルペニシリン 0.01ppm

表4-4-2 小麦 DDG、小麦 DDGS および精白米 DDGS の抗生物質含有量（原物、ppm）

項目	収集年度	検出数	検出率 (%)
ストレプトマイシン	小麦 DDG	0	0
	小麦 DDGS	0	0
	精白米 DDGS	0	0
カナマイシン	小麦 DDG	0	0
	小麦 DDGS	0	0
	精白米 DDGS	0	0
タイロシン	小麦 DDG	0	0
	小麦 DDGS	0	0
	精白米 DDGS	0	0
エリスリマイシン	小麦 DDG	0	0
	小麦 DDGS	0	0
	精白米 DDGS	0	0

分析点数；小麦 DDG 3 試料、小麦 DDGS 5 試料、精白米 DDGS 3 試料

定量下限；ストレプトマイシンおよびカナマイシン 0.2ppm、エリスロマイシンおよびタイロシン 0.1ppm

4. 考察

本調査では、わが国をはじめ韓国やメキシコなどでも飼料原料として多量に利用されている米国産のトウモロコシ DDGS の一般成分、農薬、カビ毒および抗生物質含有量を3年度に亘って調査するとともに、今後、利用が拡大してゆくと思われる小麦 DDGS、小麦・トウモロコシ DDGS、小麦 DDG および精白米 DDGS（以下「DDGS 等」という。）の一般成分、農薬、カビ毒および抗生物質含有量についても調査した。

その結果、穀類を原料として使用される DDGS 等の一般成分は、原料として用いる穀類と同様に、産地での気象条件などによる影響を受け、ある程度の年次変動があることが示されたが、一般の飼料穀物や製造副産物における変動とほとんど差がないものと考えられた。

また、穀類では、アフラトキシンやデオキシニバレノール等のカビ毒汚染は避けることができないが、DDGS 等の場合には、原料となる穀類がカビ毒で汚染されていた場合には、その濃度が約3倍に濃縮するとされている。また、トウモロコシでは除草剤耐性や、除草剤耐性と害虫抵抗性の2形質を組み込んだ遺伝子組換えトウモロコシの作付けが拡大傾向にあり、それに伴って使用されるグリホサートやグルホシネートなどの除草剤の使用も増えるものと思われることから、これらの農薬の移行についても注意が必要になってくる。本調査でも、デオキシニバレノールやゼアラレノンなどのカビ毒が大部分の試料で検出されるとともに、除草剤が検出された試料もみうけられた。

わが国では、アフラトキシン B₁、デオキシニバレノールおよびゼアラレノンの3種類のカビ毒については、最終製品である配合飼料中での許容濃度が設定されている

(農林水産省, 1988; 農林水産省, 2002a; 2002b) が、DDGS 等の配合量は 10%程度であることを考えると、本調査で認められたカビ毒含有量は、直接、飼料の安全性に影響を与えるレベルにはないと思われる。また、グリホサートやグルホシネートなどの除草剤については、本調査で収集した DDGS 等から検出された濃度や配合量から、直接、飼料の安全性に影響を与えるレベルにはないと思われるが、DDGS 等のリスク要因として、今後もモニタリングを継続してゆくことが重要であるものと考えられる。

5. 参考資料

- 木村信熙 (2005) . DDGS (トウモロコシ蒸留粕) の栄養成分と消化性のばらつき試験および保存試験の結果と解説, NETWORK, No35, アメリカ穀物協会, 東京.
- 木村信熙 (2008) . 未利用・低利用資源の飼料化促進－DDGS の飼料原料としての特性と栄養価－求められる日本独自の給与技術の開発－, 畜産コンサルタント, 中央畜産会, 東京.
- 国土交通省北海道開発局. (2009) 道内のバイオマス利活用施設の整備状況. [Cited 13 February 2010] . <http://www.hkd.mlit.go.jp/topics/toukei/chousa/bio/seibi.html>.
- 飼料分析基準研究会 (2004) . 飼料分析法・解説 2004、5-69、社団法人日本科学飼料協会、東京.
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構. (2007) 米国のバイオエタノールの現状と今後の展望, NEDO 海外レポート, No.1000. [Cited 13 February 2010] . <http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/1000/1000-02.pdf>.
- 西尾道徳. (2007) バイオ燃料製造拡大が農産物価格と環境に及ぼす影響, 環境保全レポート, Vol.91. [Cited 13 February 2010] . <http://lib.ruralnet.or.jp/libnews/nishio/nishio091.htm>.
- 日本科学飼料協会 (2008) . トウモロコシにおけるアフラトキシン等の汚染実態を把握するためのサンプリング手法及びリコンディショニングの有効性に関する報告書, [Cited 20 February 2010] . http://kashikyo.lin.gr.jp/network/kabidoku/AFB1_j19/H19_report_S01.pdf
- 農業・食品産業技術総合研究機構 (2010) . 日本標準飼料成分表 (2009 年版) 中央畜産会、東京.
- 農林省 (1976) . 飼料及び飼料添加物の成分規格等に関する省令. 昭和 51 年 7 月 24 日付, 農林省告示 35 号, 平成 21 年 6 月 23 日最終改正.
- 農林水産省 (1986) . 飼料の有害物質の指導基準について. 昭和 63 年 10 月 14 日付, 農林水産省畜産局長通知, 平成 21 年 1 月 29 日最終改正.
- 農林水産省 (2002a) . ゼアラレノンの検出について. 平成 14 年 3 月 25 日付, 農林水産省生産局畜産部飼料課長通知.
- 農林水産省 (2002b) . 飼料中のデオキシニバレノールについて. 平成 14 年 7 月 5 日付, 農林水産省生産局畜産部飼料課長通知.
- Noll S. (2003) . Alternative Ingredients for Poultry – Turkeys, [Cited 20 February 2010] . <http://www.ddgs.umn.edu/articles-poultry/2003-Noll-%20Maryland%20Nutr%20Conf.pdf> .
- Zhang Y. and Sido J. (2008) . DDGS 品質評価 米国内 DDGS 検査機関調査およびその分析方法, NETWORK, No50, アメリカ穀物協会, 東京.



とうもろこしジスチラーズグレインソリュブル(DDGS)

とうもろこしを原料としたバイオエタノール製造時の共産物であり、粉末状、フレーク状、顆粒状、ペレットなど様々な形態の製品がある。乾燥温度などによって製品の色調に差があり、色調の濃い製品は一般的に過加熱されているため家畜・家禽による利用性が劣るとされている(写真はいずれも米国産)。

(粉末状のもの)



(フレーク状のもの)



(顆粒状のもの)



(ペレット状のもの)



小麦・とうもろこしジスチラーズグレインソリュブル
(DDGS)

小麦ととうもろこしをおおむね 7 : 3 の割合で混合したものを原料としたバイオエタノール製造時の共産物であり、「飼料の公定規格」の平成 20 年における告示改正により、新たに栄養価が定められた(写真はカナダ産)。



精白米ジスチラーズグレインソリュブル(DDGS)

精白米を原料としたバイオエタノール製造時の共産物であり、「飼料の公定規格」の平成 21 年における告示改正により、新たに栄養価が定められた(写真は国産)。



小麦ジスチラーズグレインソリュブル(DDGS)

小麦を原料としたバイオエタノール製造時の共産物で、カナダにおいて製造されているが、まだ、わが国には輸入されていない。

(粒子状のもの)



(顆粒状のもの)

DDGS の給与が黒毛和種去勢牛の肥育に及ぼす影響

村田一馬、木場頼孝¹⁾、滝川幸人¹⁾、内田江一郎¹⁾

(現全農本所畜産生産部、¹⁾ 全農飼料畜産中央研究所 研究開発部 笠間乳肉牛研究所)

要約：

黒毛和種去勢牛 23 頭 (平均月齢 10.9 ヶ月齢、体重 313.6kg) を用い、肥育成績に及ぼす影響を調査した。DDGS (ブラウンタイプ) は、配合飼料中に 0%、7.5%、15% 配合した。その結果、DDGS7.5% 配合では、飼料摂取量、発育成績、枝肉成績および肉の理化学的性状への大きな影響は認められず、問題のないことが確認された。一方、DDGS15% 配合では、飼料摂取量や発育成績、肉質等級には大きな影響はなかったが、皮下脂肪が厚くなり歩留等級が悪くなること、および不飽和脂肪酸割合が高く脂肪融点が低くなり、第 6-7 肋間部位の枝肉断面がゆるく崩れる傾向であった。

目的：

肥育用配合飼料の原料としての DDGS の利用性を確認するため、黒毛和種去勢牛における配合飼料中 DDGS7.5% および 15% 添加が肥育成績に及ぼす影響を調査した。

試験方法および材料：

1. 試験期間：平成 18 年 4 月 14 日～平成 19 年 11 月 27 日
2. 試験場所：当所肥育牛舎および仕上げ牛舎
3. 試験方法：市場導入黒毛和種去勢牛 23 頭を用いた。試験区分は配合飼料中 DDGS の配合割合の違いにより、0% 区 (8 頭)、7.5% 区 (8 頭) および 15% 区 (7 頭) を設定した。その他の飼養管理は、当所研究分場の慣行によった。
4. 調査項目：飼料摂取量、体重、血中ビタミン A 濃度、枝肉成績、ロース芯における水分含量、粗タンパク質含量、粗脂肪含量、肉色 (L*a*b*値) および、筋間脂肪における脂肪酸組成、脂肪融点

結果および考察：

1. 飼料摂取量：試験区間に大きな差は認められなかった (表 1)。
2. 発育成績：試験終了時体重および日増体量は、有意な差ではなかったが、0% 区、7.5% 区、15% 区の順に大きくなる傾向を示した (表 1)。
3. 血中ビタミン A 濃度の推移：試験区間に大きな違いは認められなかった (図 1)。
4. 枝肉成績：枝肉重量は、有意な差はなかったが DDGS の配合に伴い大きくなる傾向を示した。皮下脂肪厚は、0% 区 2.0cm、7.5% 区 2.3cm、15% 区 2.8cm となり、DDGS の配合に伴い有意に厚くなった。15% 区では、厚脂と判断される 3.0 cm 以上の個体が 7 頭中 3 頭確認された。歩留等級は、0% 区および 7.5% 区では全頭 A 等級であったのに対して、15% 区では 7 頭中 2 頭の個体 (28.6%) で B 等級が確認された。これは、歩留等級に負に影響する皮下脂肪厚が 15% 区で厚かったことが原因であった。肉質等級の 4・5 等級率および BMS は、0% 区に比べて 7.5% 区および 15% 区でやや高くなる傾向が確認された。BCS、締まりきめ、BFS、枝肉単価および販売価格については、試験区間に大きな差は認められなかった。
5. 肉の理化学的性状：ロース芯の水分、粗タンパク質、粗脂肪含量および肉色 (L 値、a 値、b 値および彩度) は、試験区間に大きな差は認められなかった。筋間脂肪について、総飽和脂肪酸割合は 0% 区および 7.5% 区に比べて 15% 区で低くなる

傾向を示した。一方、総不飽和脂肪酸割合は、0%区および7.5%区に比べて15%区で高くなる傾向を示した。脂肪融点は、総不飽和脂肪酸割合の違いを反映して、0%区 27.0℃、7.5%区 27.2℃、15%区 25.5℃となり、有意な差ではなかった、DDGSの配合に伴い低くなる傾向を示した。また、このことを反映して、15%区では7頭中4頭の個体で、枝肉6-7肋間部位の断面がゆるく崩れる傾向が確認された。

表1. 飼料摂取量および増体成績

		0%区		7.5%区		15%区		P値
飼料摂取量	配合飼料	kg	5238	5239	5196			—
	粗飼料	kg	754	753	755			—
体重	試験開始時	kg	314 ± 16	312 ± 20	315 ± 17			0.96
	試験終了時	kg	816 ± 33	833 ± 64	852 ± 63			0.47
	日増体量 (D.G.)	kg/日	0.85 ± 0.07	0.89 ± 0.11	0.91 ± 0.11			0.49

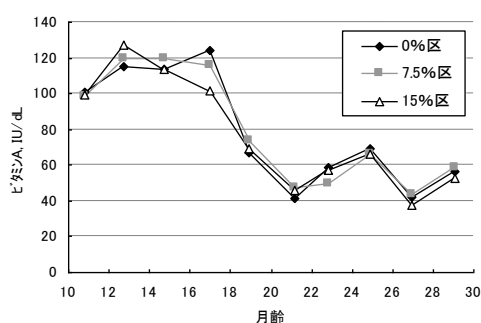


図1. 血中尿素窒素濃度の推移

表2. 枝肉成績

		0%区		7.5%区		15%区		P値
枝肉重量	kg	527 ± 28	539 ± 47	542 ± 45			0.77	
胸最長筋面積	cm ²	58.5 ± 6.1	54.4 ± 9.6	56.4 ± 8.1			0.60	
バラ厚	cm ²	8.1 ± 0.7	8.2 ± 1.0	8.2 ± 0.9			0.97	
皮下脂肪厚	cm ²	2.0b ± 0.5	2.3ab ± 0.2	2.8a ± 0.8			0.02	
歩留等級	A率	%	100.0	100.0	71.4			—
	B率	%	0.0	0.0	28.6			—
肉質等級	4・5率	%	62.5	75.0	71.4			—
BMS		5.6 ± 1.5	6.4 ± 1.6	6.6 ± 2.4			0.57	
BCS		3.4 ± 0.5	3.4 ± 0.5	3.6 ± 0.5			0.71	
締まりきめ		3.9 ± 0.8	4.1 ± 0.8	4.1 ± 0.9			0.79	
BFS		2.9 ± 0.4	3.0 ± 0.0	3.0 ± 0.0			0.41	
価格	枝肉単価	円/kg	1,876 ± 97	1,935 ± 167	1,936 ± 266			0.77
	販売価格 ¹⁾	円	1,011,525 ± 84,778	1,068,690 ± 156,443	1,072,551 ± 163,945			0.63

^{ab}異符号間に有意差あり ($P < 0.05$) .

¹⁾ 副産物含む (税抜) .

表3. 肉の理化学的性状

		0%区		7.5%区		15%区		P値
胸最長筋	水分	%	43.3 ± 3.8	43.1 ± 4.9	41.6 ± 4.3			0.72
	粗蛋白質	%	13.3 ± 1.2	13.0 ± 1.5	12.9 ± 1.5			0.89
	粗脂肪	%	42.9 ± 5.5	43.2 ± 6.5	44.9 ± 5.8			0.80
肉色	L値		48.4 ± 3.5	47.9 ± 3.0	48.3 ± 2.7			0.94
	a値		20.4 ± 5.6	21.0 ± 4.5	20.3 ± 4.4			0.95
	b値		13.4 ± 1.2	13.5 ± 1.4	13.5 ± 0.8			0.96
筋間脂肪	飽和脂肪酸	%	36.0 ± 2.1	36.1 ± 2.3	33.8 ± 2.3			0.12
	不飽和脂肪酸	%	61.8 ± 2.2	61.9 ± 2.3	64.2 ± 2.3			0.10
	脂肪融点	℃	27.0 ± 3.4	27.2 ± 3.0	25.5 ± 2.6			0.52

DDGS の給与が交雑種去勢牛の肥育に及ぼす影響

村田一馬、木場頼孝¹⁾、滝川幸人¹⁾、内田江一郎¹⁾

(現全農本所畜産生産部、¹⁾ 全農飼料畜産中央研究所 研究開発部 笠間乳肉牛研究所)

要約：

肥育用配合飼料の原料としての DDGS の利用性を確認するため、約 10 ヶ月齢の交雑種去勢牛 21 頭を用い、配合飼料中の DDGS の添加割合の違いにより 0%区、7.5%区および 15%区の 3 区設定し、肥育成績に及ぼす影響を調査した。その結果、配合飼料中の DDGS7.5%および 15%添加による、発育成績、飼料摂取量、枝肉成績および肉の理化学的性状（肉色、脂肪融点等）への大きな影響は認められなかった。以上のことから、交雑種去勢牛において肥育用配合飼料への DDGS（ブラウンタイプ）の添加は 15%まで可能であることが確認された。

目的：

肥育用配合飼料の原料としての DDGS の利用性を確認するため、交雑種去勢牛における配合飼料中 DDGS7.5%および 15%添加が肥育成績に及ぼす影響を調査した。

試験方法および材料：

1. 試験期間：平成 18 年 5 月 16 日～平成 19 年 10 月 9 日
2. 試験場所：当所肥育牛舎および仕上げ牛舎
3. 試験方法：市場導入交雑種去勢牛 21 頭。試験区分は配合飼料中 DDGS の配合割合の違いにより、0%区（7 頭）、7.5%区（7 頭）および 15%区（7 頭）を設定した。その他の飼養管理は、当所研究分場の慣行によった。
4. 調査項目：飼料摂取量、体重、血中ビタミン A 濃度、枝肉成績、ロース芯における水分含量、粗タンパク質含量、粗脂肪含量、肉色（L*a*b*値）および、筋間脂肪における脂肪酸組成、脂肪融点

結果および考察：

1. 飼料摂取量：配合飼料摂取量は、7.5%区で 24～26 ヶ月齢時にあたりでわずかに低くなる傾向を示したが、その原因については明確にはできなかった。粗飼料摂取量については試験区間に大きな差は認められなかった。（表 1）。
2. 発育成績：試験終了時体重および日増体量は、有意な差ではなかったが、7.5%区、0%区、15%区の順に大きくなる傾向を示した（表 1）。
3. 血中ビタミン A 濃度の推移：試験区間に大きな違いは認められなかった（図 1）。
4. 枝肉成績：枝肉重量は、有意な差はなかった。皮下脂肪厚は、0%区 2.1 cm、7.5%区 2.3 cm、15%区 2.7 cm となり、0%区<7.5%区<15%区の順にわずかに厚くなる傾向を示したが、15%区でも問題となるような厚いものではなかった。肉質等級は、4 および 3 等級率が 0%区で高い傾向を示したが、BMS（脂肪交雑）、BCS（肉色）、締まりきめおよび BFS（脂肪色）については、試験区間に大きな差は認められなかった。枝肉単価は、0%区 1,198 円/kg、7.5%区 1,108 円/kg、15%区 1,138 円/kg となり、0%区、15%に比べて 7.5%区で、有意な差ではなかったが低くなる傾向を示した。また販売価格も、0%区 634,564 円、7.5%区 566,998 円、10%区 624,965 円となり、枝肉単価の違いに伴って 7.5%区で低くな

る傾向を示した ($P=0.14$)。7.5%区で枝肉単価および販売価格が低くなったのは、7.5%区で瑕疵 (左モモズル) が1頭発生したためであり、試験処理による影響ではないと考えられた。その他のBCS、締まりきめ、BFSについては、試験区間に大きな差は認められなかった。

5. 肉の理化学的性状：ロース芯の水分、粗タンパク質、粗脂肪含量および肉色 (L値、a値、b値および彩度) は、試験区間に大きな差は認められなかった。筋間脂肪のリノール酸組成は、0%区 2.71%、7.5%区 2.98%、15%区 3.21%となり、0%区 < 7.5%区 < 15%区の順に有意に高くなった ($P=0.04$)。その他の脂肪酸組成については試験区間に大きな差はなく、不飽和脂肪酸/飽和脂肪酸割合にも大きな違いは認められなかった。脂肪融点は、0%区 28.5°C、7.5%区 28.0°C、15%区 27.5°Cとなり、試験区間に大きな差は認められなかった。

表1. 飼料摂取量と発育成績

	0%区	7.5%区	15%区	P値
飼料摂取量				
配合飼料, kg	5168	5120	5169	—
粗飼料, kg	697	699	700	—
体重, kg				
試験開始時	339 ± 19	343 ± 17	345 ± 14	0.79
終了時	829 ± 49	816 ± 27	848 ± 52	0.41
D.G, kg/日	0.97 ± 0.1	0.94 ± 0.05	1 ± 0.1	0.5

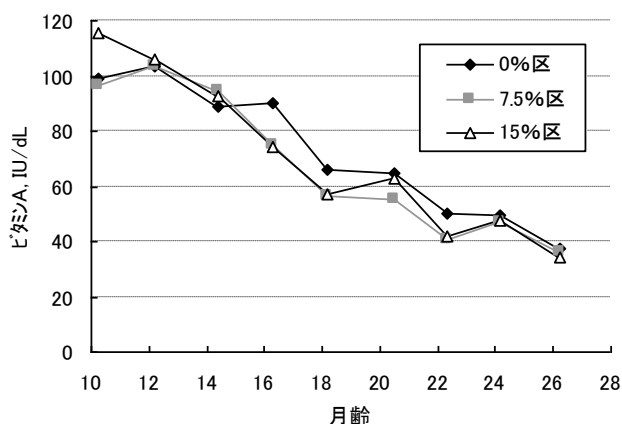


図1. 血中ビタミンA濃度の推移

表2. 枝肉成績

	0%区		7.5%区		15%区		P 値
枝肉重量, kg	513 ±	41	494 ±	26	530 ±	44	0.23
胸最長筋 (ロース芯) 面積, cm ²	48.7 ±	5	47.4 ±	4.6	46.7 ±	4.1	0.72
バラ厚, cm	7.5 ±	0.5	7 ±	1.1	7.3 ±	1	0.61
皮下脂肪厚, cm	2.1 ±	0.4	2.3 ±	0.6	2.7 ±	0.7	0.14
肉質等級							
4等級率, %	0		14.3		0		—
3等級率, %	85.7		28.6		57.1		—
2等級率, %	14.3		57.1		42.9		—
BMS (脂肪交雑)	3.4 ±	0.5	3.4 ±	1	3.1 ±	0.7	0.72
BCS (肉色)	3.6 ±	0.5	3.4 ±	0.5	3.3 ±	0.5	0.6
締まりきめ	2.9 ±	0.4	2.7 ±	1	2.6 ±	0.5	0.73
BFS (脂肪色)	2.7 ±	0.5	2.9 ±	0.4	3 ±	0	0.35
価格							
枝肉単価, 円/kg	1,198 ±	96	1,108 ±	134	1,138 ±	87	0.31
販売価格 ¹⁾ (税抜), 円	634,564 ±	54,541	566,998 ±	75,899	624,965 ±	64,984	0.14

¹⁾副産物含む.

表3. 肉の理化学的性状

	0%区		7.5%区		15%区		P 値
胸最長筋 (ロース芯)							
水分含量, %	54.4 ±	2.1	54.5 ±	4.4	54.9 ±	3.6	0.96
粗タンパク質含量, %	16.5 ±	0.7	16.6 ±	1.7	17.6 ±	1.3	0.24
粗脂肪含量, %	28.4 ±	2.8	28.3 ±	6.7	27.2 ±	5	0.89
肉色							
L値	41.1 ±	3.6	41.6 ±	4.8	41.3 ±	3.2	0.97
a値	26.1 ±	2.2	25.9 ±	2.1	27.2 ±	2.4	0.48
b値	11.5 ±	1.2	11.4 ±	0.9	12.3 ±	1.5	0.3
彩度	28.6 ±	2.1	28.3 ±	1.9	29.9 ±	2.7	0.38
筋間脂肪							
脂肪酸組成							
C16:0 ^a 十六烷酸, %	22.2 ±	2.3	21.7 ±	1.8	22 ±	2	0.92
C18:0ステアリン酸, %	9.75 ±	1.16	9.73 ±	1.14	9.74 ±	1.34	1
C18:1オレイン酸, %	50.4 ±	2.7	50.4 ±	3.2	50.2 ±	3.6	0.99
C18:2リノール酸, %	2.71 ^b ±	0.27	2.98 ^{ab} ±	0.26	3.21 ^a ±	0.45	0.04
飽和脂肪酸, %	36.4 ±	2.8	35.8 ±	3.3	36.1 ±	3	0.93
不飽和脂肪酸, %	61.3 ±	2.9	61.9 ±	3.2	61.6 ±	3	0.94
不飽和/飽和	1.7 ±	0.19	1.75 ±	0.23	1.72 ±	0.25	0.92
融点, °C	28.5 ±	3.3	28 ±	3.9	27.5 ±	3.7	0.88

^{ab}異符号間に有意差あり

(参 考)

未活用等資源利用検討委員会委員

所 属	氏 名
日本獣医生命科学大学動物科学科 教授	木村 信熙
日本大学生物資源科学部 准教授	梶川 博
宮崎大学農学部 教授	入江 正和
日本大学生物資源科学部 専任講師	佐伯 真魚
丸紅株式会社 飼料・スターチ原料部	天野 祐輔
協同組合日本飼料工業会 執行役員 資材部長 協同飼料株式会社	大谷 真雄
(独)農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草 地研究所 機能性飼料研究チーム長	川島 知之
飼料輸出入協議会 三菱商事株式会社食糧本部 飼料畜産ユニット 飼料チーム	川俣 満郎
(社)日本養豚協会 常務理事	小磯 孝
全国酪農業協同組合連合会 酪農生産指導室長	久保園 弘
全国農業協同組合連合会 畜産生産部 蛋白原料課	堀 次郎
(独)農業・食品産業技術総合研究機構 動物衛 生研究所 研究管理監	宮崎 茂
(独)農林水産消費安全技術センター 飼料管理課長	山谷 昭一
(社)日本科学飼料協会 事務局長	米持 千里
(財)食品産業センター 技術部次長	渡部 一夫