

# NETWORK

2002年4月

第24号

## アメリカ穀物協会ニュースレター

### INDEX

はじめに P.1

アメリカ高付加価値穀物シンポジウム P.2

シンポジウム出席者アンケート結果 P.4

DDGS(ジスチラース・ドライ・グレインソリュブル)の  
養豚飼料への新たな展開 P.5

協会の活動紹介 P.12

## アメリカ高付加価値穀物シンポジウムの報告 及びDDGS(ジスチラース・ドライ・グレインソリュブル)の 養豚飼料への新たな展開

### はじめに

去る2月14日及び15日に、当協会と日本スターチ・糖化工業会の共催にて、標記シンポジウムを開催し、米国産高付加価値穀物及びその用途に関する新しい情報を日本のユーザーと穀物関係者の皆様へ提供致しました。

穀物加工業者、飼料メーカーや商社のみならず、燃料関係者など幅広い分野からの参加を得て、好評の内に終了致しました。また、米国からシンポジウムために来日した講演者もスターチ工場を訪問したり、各分野の人々と別途会合を持って意見交換をし、有意義に日本での日程を終了することが出来ました。ご出席いただきました方々、また訪問先などのアレンジにご協力いただきました企業・団体の方々へ改めて御礼申し上げます。

本誌では、同シンポジウム講演の様子をいくつかご紹介致します。また後半では、今後ますます供給拡大が予想されるエタノール生産の副産物であるDDG/DDGS(ジスチラース・ドライ・グレイン/ジスチラース・ドライ・グレインソリュブル)について、論文を掲載致します。前号第23号では反芻動物用飼料

としての利用について掲載しましたが、この24号では、養豚飼料としての利用について、アメリカでの研究知見を交えながら日本での新たな可能性について解説いたします。

環境に対する負荷の少ない燃料であるエタノールは、再生可能な資源であるトウモロコシ、その他のバイオマス为原料とし、今後ますます米国での生産が拡大します。その副産物であるDDG・DDGSの供給増加、価格低減と今後の用途拡大が注目されます。



2002年2月13日講演者チームの訪問先、参松工業(株) 千葉工場にて

講師：後列左2番目、ロドニー・シムス氏 後列左4番目、ジェームス・スティッツライン氏 後列右2番目、バダル・サハ博士 前列左1番目、デービッド・ポーター・ブライス博士

# アメリカ高付加価値穀物シンポジウム

標記シンポジウムは2月14日にスターチ・糖化工業界対象、15日にその他トウモロコシの加工、貿易取引、研究などに関わられる方々を対象に開催されました。講演者は次の7名です。

- 1 「コーンファイバーの酵素による糖化について」  
「トウモロコシの繊維質から燃料、化学品生産」  
バダル C・サハ先生  
米国農務省USDA-ARS国立農業用途研究センター、  
発酵生物学研究部門(米国イリノイ州、ピオリア)
- 2 「澱粉の高度利用について」  
北村義明先生  
独立行政法人食品総合研究所糖質素材研究室
- 3 「高付加価値穀物の現状と今後の動向、  
及びIPハンドリングについて」  
ジェームス・スティッツライン先生  
Consolidated Grain and Barge Co.
- 4 「酵素によるオリゴ糖の合成について」  
北岡本光先生  
独立行政法人食品総合研究所酵素機能研究室
- 5 「トウモロコシのウェットミリングにおける分離膜の活用」  
ロドニー・シムス先生  
テクノロジー Inc.
- 6 「トウモロコシのエタノールプラントからの  
バイプロ利用について」  
デービッド・ポーター・プライス先生  
飼料栄養コンサルタント
- 7 「高付加価値トウモロコシの畜産における  
活用について」  
木村信照先生  
木村畜産技術事務所 代表

本誌では、その中から4名の講演に関し簡単に紹介します。

トウモロコシに含まれる繊維質の酵素による糖化及び燃料、化学薬品の製造



バダル C.サハ博士  
米国農務省国立農業利用研究センター  
発酵生物学研究部門  
(米国イリノイ州、ピオリア)

サハ博士は、九州大学において微生物工学理学修士号および博士号を取得され、大阪大学でも大学院課程を修了しています。現在は米国農務省の農業利用研究センター発酵生物学研究部門の化学研究員です。トウモロコシのグレイン乾燥重量の11%を占める繊維(Fiber)の活用について講演をしました。

米国における燃料エタノールの生産高は1970年代末まではごく少量でしたが、2000年には16億3000万ガロン(617万キロリットル)と増大しています。その95%以上がコーンスターチ由来のグルコース発酵によって生成されているため、トウモロコシのウェットミリング副産物である繊維は豊富に手に入る低コスト原料です。博士は、繊維をエタノールに変換するプロセスについて、原料の前処理、酵素による糖化、発酵および製品の回収、米国内での技術研究および工程開発の現状、および本技術の市場導入へ向けた努力について概説しました。

トウモロコシのウェットミリングにおける分離膜(メンブレン)の用途

ロドニー L. シムス氏  
テクノロジー Inc.

シムス氏は、米国におけるエンジニアリング・コンサルタントとして10以上のエタノールプラントを手がけてきました。米国では、過去15-20年間に亘り分離膜がウェットミリング業界で用いられてきました。米国内で製造

されるHFCS(ハイフラクトースコーンシロップ)の少なくとも70%の生産現場で用いられていると推定されます。特に1980年代後半から新しく改良された分離膜が利用できるようになり、その可能性が広がり、シムス氏はイリノイ大学でスティーブ・エコホッフ博士らとウェットミリング工程の変化を調査し、副産物の価値を向上させ、ウェットミリング全体の経済的効率を改善する研究にも従事しました。

シンポジウムでは、高分子(有機物)膜、セラミック膜、ステンレス膜の使用状況や特徴について説明し、それらの選択基準をコスト、温度、圧力、磨耗状況、pH、振動、汚れ(ファウリング)物質などの要素に分けて説明しました。また、用途について、HFCSの精製濾過のみならず、修飾澱粉の濾過、浸漬液の濾過、グルテンの増粘、廃棄スターチの回収、製粉流の増粘、スターチの最終洗浄など幅広く説明しました。日本でもその応用に期待する企業や研究者が増え、ウェットミリング業界との会合では、大変熱気のある質疑応答が続きました。

### エタノール生産及びウェットミリングの副産物の反芻動物飼料のための利用



デービッド・ポーター・  
プライス博士  
飼料栄養コンサルタント

プライス博士は顧問栄養士を20年近く務め、その顧客名簿はアメリカ、メキシコおよびカナダにおよんでいます。コンサルティングの開業前は、大手飼料会社で6年間栄養学者として勤務し、家畜/反芻動物の栄養についての著書が多くあります。現在、「Feedlot Magazine」、「Canadian Cattleman Magazine」、および「Western Livestock Reporter」誌の編集も務めています。

シンポジウムでの講演冒頭では、自分は栄養学者であり、市場分析や商品供給状況など、経済的なことは専門ではないと明言した上で、米国トウモロコシの供給量、各用途別消費量、ジスチラーズ・ドライ・グレイン(DDG)

の供給量、EUへの輸出量などについて説明をしました。そして博士の専門である反芻動物飼料におけるトウモロコシ加工プラントからの副産物コーングルテン、コーングルテンミール及びDDGに関する講演をしました。特にそれらの副産物はよくタンパク源としてアメリカの飼料工場 で用いられるが、優れたエネルギー源でもある点を強調しました。

また、ウェットミリングの副産物である浸漬液、つまりコーン・スティーブ・リカー(CSL、米国では、水資源であることを明確にするためにコーン・スティーブ・ウォーターと呼ぶことが多い。その場合CSWと記述される場合もある)を破棄することは大変もったいない話で、米国ではこれを液体飼料として、安価で供給しています。グルテンフィードや粗飼料に混ぜたりしていますが、まだその用途に関する研究が不足しているのも事実です。

プライス博士は、CSLに含まれるタンパクが比較的不溶性であるため、牛の第1胃ですぐ消化されず、一旦バクテリアに菌内タンパクとして取りこまれた後時間をかけてゆっくり消化され、このことが牛の健康に良い結果をもたらすと説明しました。

また今後、日本でもCSLの使用に関する研究が更になされ、牛に適した高タンパク源飼料であるCLSの有効利用が徹底されるべきだと主張しました。

講演の中で博士は、繰り返し「ウェットミリングのこれら副産物を廃棄したり焼却するのは、余りにもったいない!」と手振りを交えて述べていました。



回覧したDDGのサンプル。乾燥の仕方、程度により、色が様々である。

## 高付加価値トウモロコシの飼料給与と利点

木村畜産技術事務所  
代表 木村信照博士

木村博士は本年1月まで32年間、日清飼料にて牛専門に飼料開発、飼養管理の研究、技術普及に従事されました。この1月より、畜産技術士事務所を開設し、国内外の肉牛飼育の現場や生産団体などに対する飼料給与管理などの技術指導、コンサルティングを開始したばかり

### 第一章

#### 高付加価値とうもろこしの成分及び加工保存上の特性

- ・高リジンとうもろこしの蛋白質はグルテリンで、普通とうもろこしのツェインよりも分解が早い。デンプン構造が緩やかである
- ・ハイオイルコーンは胚芽が大きく脂肪(リノール酸、トコフェロール含量高い)が約2倍あり、胚乳が小さくデンプン含量が少ない
- ・CPとCFATの高いものはフレーク加工時の砕けが少ない
- ・ハイオイルコーンの1,000粒重量は重い
- ・ハイオイルコーンは油脂添加よりも、配合飼料の微粉末と固まりの発生が少ない
- ・虫食いダメージハイオイルコーンのたんぱく質利用性は悪いが豚可消化エネルギー含量は、むしろやや高い

### 第四章

#### 肉牛に対する高付加価値とうもろこしの給与試験

- ・高リジンとうもろこしの蛋白質(グルテリン)は普通とうもろこし(ツェイン)よりも第1胃内分解が早い。デンプンの分解も早い
- ・ハイオイルコーンの肉牛デンプン過給症(アシドーシス)対策
- ・ハイオイルコーンによる脂肪交雑と肉質の向上
- ・リノール酸とトコフェロールによる牛肉質向上への影響

### 第二章

#### 豚に対する高付加価値とうもろこしの給与試験

- ・デンプンの消化率はとうもろこしの種類によって異なる。高リジンとうもろこしのデンプン消化率は高い
- ・ハイオイルコーンは飼料摂取量が若干少ないが、発育が良く飼料効率が良い
- ・ハイオイルコーンは雌雄比較すると、特に去勢豚の発育向上効果が大きい
- ・ハイオイルコーンで背脂肪厚は不変、ロース芯面積はリジンカロリー比率配慮
- ・ハイオイルコーンで豚舎内ダストは約40%減少

### 第五章

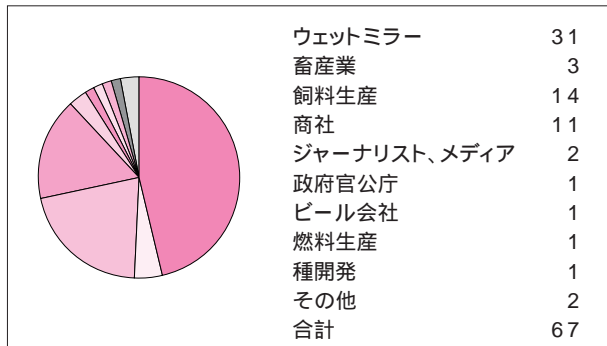
#### ハイオイルコーンの給与と肉質の改善及び健康畜産物の生産

- ・ハイオイルコーン給与による体脂肪の軟化問題豚へのハイオイル高オレイン酸コーンによる改善
- ・ヒトの健康上は普通とうもろこし飽和脂肪酸は良い
- ・共役リノール酸のヒト健康上の効果
- ・牛へのハイオイルコーン(高リノール酸)給与による共役リノール酸のリッチな畜産物生産

## アメリカ高付加価値穀物シンポジウム会場でのアンケート結果

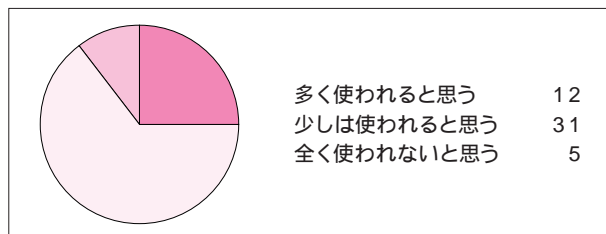
表記シンポジウム会場にて、ご出席の方々にアンケート用紙を配布し、出席者の7割以上の方から回答をいただきました。回収した結果のうち、回答者構成とDDG/DDGSに関する部分を一部紹介します。

### 1. 回答者の所属する業界



(ウェットミラーの比率が高いのはスターチ・糖化業界との共催であったため)

### 2. DDG/DDGSは日本の市場で使われると思いますか?



### 3. 2.の答えに対する理由

価格と供給量次第	14
高エネルギーなので使われる	4
乳牛の適しているので使われる	2
副産物活用だから使われる	2
農水の標準飼料成分表での評価次第	2
既に使いたい顧客がいる	2
遺伝子組換え原料でなければ使われる	1
グルテンフィードが安価なので使われない	1

# DDGS (ジスチラス・ドライ・グレインソリュブル)の養豚飼料への新たな展開

日本畜産技術士会  
飼料プロジェクトチーム  
技術士 平野 進

## I. DDGS生産の現況及び背景

DDGSはエタノール発酵の副産物として生産され、アメリカを始め世界各国で反芻動物用飼料として古くから使用されている。北米地区全体での生産量は2000年には年間320～350万トン(ヨーロッパに70万トン輸出)に達し、その98%以上は燃料用エタノール生産に由来したものである。

本誌5号(1994年12月号)、23号(2001年1月号)にも紹介されているようにアメリカにおけるエタノールは1990年の大気汚染防止法改定条項の施行以来、車の排気ガスによる大気汚染対策(酸素添加剤)として年々使用量が増加しており、更に近年国策としての「新しい国産燃料開発奨励策」の推進により車の燃料としても注目され、その需要は急速に増加している(表-1参照)。

NCGA(全米トウモロコシ生産者協会)のレポートによるとアメリカエネルギー省の試算では2003年には全米で1億5300万トンのトウモロコシがエタノール生産に向けられ、更にここ数年間で2倍量のエタノールの需要が予測され今後もトウモロコシ由来DDGSの生産量は大幅な増加が期待されている。

このエタノール増産のニーズを受け中西部を中心に燃料用エタノールの生産が活発化し、特にミネソタ州では1994年以降、新しい技術を具備したプラントが次々と建設され2000年には同州のトウモロコシ全収穫量の13%にあたる331万トンがエタノール生産用に向けられておりDDGSの生産量も年間100万トンまでに達している。

このような背景のもと従来はスポット原料としての評価にとどまっていたDDGSも質、量ともに安定供給が可能となり、新しい工場設備で生産された製品について成分値や飼料原料としての再評価(現在の評価基準は20年ほど前の研究結果によるものが多い)の動きがミネソタ大学を中心に起こり、反芻動物だけではなく非反芻動物飼料原料としての新しい研究成果も次々と報告されてきている。

本レポートでは新しい設備で生産されたトウモロコシ由来のDDGS(以後C-DDGS)の評価を今後の使用拡大が期待される養豚用飼料についてミネソタ大学を中心とする研究グループの報告を中心に紹介する。

## II. 1990年代後半に新設された工場で作られたC-DDGSの成分値について

ミネソタ大学を中心とした研究グループの報告では、最新技術を取り入れた工場(以下新設工場)から生産されたC-DDGSは品質管理が徹底されているため、乾燥工程中での蛋白変性が少なく着色や臭気の発生など問題となっていた点が大幅に改善され品質の安定した製品であると判定されている。

次にC-DDGSの成分的な再評価は表-2、3、4、5に示されるように新設10工場より採取した試料118点(各工場ごとに11～12点)と設備の古い工場(以下旧式工場)より採取した試料4点をミネソタ、アイオワ、ミズーリの各大学や検査機関で分析し、その結果とNRC(98年度版養豚)、フィードスタッフ(99年度版 Vol.71、Num.31、July30・表中FRIで表示)、ハートランドリジン(98年度版・表中HLで表示)の数値との対比で行われている。

表-1 トウモロコシの食料及び産業利用 (単位:百万ブッシェル)

収穫年	HFCS	糖	スターチ	アルコール (燃料)	アルコール (飲用)	その他	合計
2000	550	220	255	615	130	190	1,960
1998	531	219	240	526	127	184	1,827
1996	504	246	229	429	130	135	1,672
1994	465	231	226	533	100	118	1,672
1992	414	214	238	426	83	117	1,493
1990	379	200	232	349	80	114	1,354

アメリカトウモロコシ精製業者組合:2002.02.14.アメリカ穀物協会主催のアメリカ高付加価値穀物シンポジウム資料より引用

表 - 2に示された値をみると新設工場製品は旧式工場製品と比較してCP(粗蛋白質)、CFa(粗脂肪)、CFi(粗繊維)、NDF含量が高い傾向にあり、これはエタノール生産工程中に澱粉質の発酵が充分に行われた結果と考えられている。

次ぎにNRC値と比較するとDE(可消化エネルギー)、ME(代謝エネルギー)は高い値を示しておりミネソタ大学の研究者等によるとNRCの数値はC-DDGSだけではなくオリジンの不明なDDGSの分析値からの値も混在しているものと推測しており、逆にFRI表のME値は3,838Kcalと高い値を示している。

DDGSのエネルギー値の評価については日本標準飼料成分表の値と比較しても高いが、この試料を検討したミネソタ大学の一連の報告での動物試験結果(後述)とも一致しており、現状ではDDGSの質の差と考えるのが妥当と判断される。

表 - 3をみると新設工場製品は旧式工場製品と比較し各アミノ酸とも高い値を示しておりNRC値と比較するとロイシン、リジン、スレオニンの値が高く、HL社の値とは比較的一致している。

**表 - 2** サンプルの一般成分分析値

	試料	DM	CP	CFa	CFi	Ash	NFE	ADF	NDF	DE	ME
		%	%	%	%	%	%	%	%	Kcal/Kg	Kcal/Kg
新設工場	118点	88.9	30.2	10.9	8.8	5.8	44.5	16.2	42.1	3,965	3,592
		(1.7)	(6.4)	(7.8)	(8.7)	(14.7)	(6.1)	(28.4)	(14.3)	(2.2)	(2.4)
旧式工場	4点	88.3	28.1	8.2	7.1	6.3	50.3	16.7	35.4	3,874	3,521
		(0.9)	(2.4)	(12.6)	(4.2)	(17.5)	(5.9)	( )	( )	(0.2)	(0.3)
参考											
NRC		93.0	29.8	9.0	4.8	-	-	17.5	37.2	3,449	3,032
HL		90.8	28.5	-	-	-	-	-	-	-	-
FRI		93.0	29.0	8.6	9.1	4.8	-	-	-	-	3,838

(注)成分値は全て乾物換算値、DE(可消化エネルギー)=(CP×4+NFE×4+CFa×9)×10、ME(代謝エネルギー)=DE×(0.96-0.2×CP)/100で算定。表中( )内の値は変異係数(ミネソタ大学M.J.Spiehs氏らの報告より作成)

**表 - 3** サンプルのアミノ酸含量分析値

	試料	Arg	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Trp	Val
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
新設工場	118点	1.20	0.76	1.12	3.55	0.85	0.55	1.47	1.13	0.25	1.50
		(9.1)	(7.8)	(8.7)	(6.4)	(17.3)	(13.6)	(6.6)	(6.4)	(6.7)	(7.2)
旧式工場	4点	0.92	0.61	1.00	2.97	0.53	0.50	1.27	0.98	0.19	1.39
		(18.7)	(15.2)	(9.1)	(12.4)	(26.5)	(4.5)	(8.1)	(7.3)	(19.2)	(2.3)
参考											
NRC		1.22	0.74	1.11	2.76	0.67	0.54	1.44	1.01	0.27	1.40
HL		1.21	0.75	1.09	3.27	0.81	0.63	1.43	1.11	0.20	1.43
FRI		1.08	0.65	1.08	2.90	0.65	0.65	1.29	1.02	0.22	1.43

(注)成分値は全て乾物換算値、( )内の値は変異係数、ミネソタ大学M.J.Spiehs氏らの報告より作成

**表 - 4** サンプルのミネラル含量分析値

	試料	Ca	P	K	Mg	S	Na	Zn	Mn	Cu	Fe
		%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm
新設工場	118点	0.06	0.89	0.94	0.33	0.47	0.24	97.5	15.8	5.9	119.8
		(57.2)	(11.7)	(14.0)	(12.1)	(37.1)	(70.5)	(80.4)	(32.7)	(20.4)	(41.4)
旧式工場	4点	0.44	0.90	0.99	0.40	0.51	0.28	80.2	49.5	13.5	219.2
		(34.7)	(7.5)	(8.7)	(3.3)	(43.5)	(65.2)	(30.5)	(66.6)	(63.6)	(52.5)
参考											
NRC		22	0.83	0.90	0.20	0.32	0.27	86	26	61	276
FRI		0.38	1.02	1.08	0.38	0.32	0.36	91	32	54	323

(注)成分値は全て乾物換算値、( )内の値は変異係数、ミネソタ大学M.J.Spiehs氏らの報告より作成

表 - 4をみると新設工場製品は旧式工場製品、NRC値と比較してCa、Mn、Cu、Feの含量が低い、これは産地差なのか工程中にできた差なのか不明である。

表 - 5の数値からも判る様に新設工場製品は旧式工場製品と比較して乾燥工程中の温度、時間等が適正に管理されてきたためアミノ酸の有効率は大幅に改善されており、NRC値とは比較的一致している。

以上、表 - 2~5を総合すると新設工場製品成分値を旧式工場製品成分値と比較してみると粗脂肪含量、蛋白質含量が高く、アミノ酸の利用率も改善されるなど製品の飼料価値は大幅に向上している事が示唆される。

今回分析に供した試料(新旧とも)のME値がFRIの表示値よりは低く、NRCの値や日本標準飼料成分表より高いのは前述したようにDDGS製品の差による影響が大きいものと判断される(従来のDDGSのイメージとは異なり日本国内での再評価が待たれる)。

### Ⅲ.成分値から見たC-DDGSの飼料的価値

次に表 - 2の成分分析値を参考にC-DDGSの飼料原料としての評価を行うと、非反芻動物の飼料配合設計においてC-DDGSの飼料原料としての競合相手は成分値から判断(エネルギー価が高くアミノ酸組成にやや難があるが蛋白含量も高い)すると穀類と大豆粕(日本国内では雑油粕も競合?)と考えられる。

表 - 6は1998年度版NRC成分表からDDGS、大豆粕、トウモロコシの値を取りだし対比したものでDDGSはトウモロコシと比較し発酵過程で澱粉質が消費されているため粗蛋白質(25~30%)、粗脂肪(8~10%)、粗繊維(4~12%)の含量が多く、アミノ酸、ミネラル、ビタミン

表 - 6 DDGSとトウモロコシ、大豆粕の栄養成分値の比較

	DDGS	大豆粕	トウモロコシ
乾物 %	93(88.9)	89	89
粗蛋白質 %	29.8(30.2)	49.2	9.3
粗脂肪 %	9.0(10.9)	1.7	4.4
ADF %	17.5(16.2)	10.6	3.1
NDF %	37.2(42.1)	14.9	10.8
DE kcal/kg	3441(3965)	3921	3961
アルギニン %	1.22(1.20)	3.63	0.42
ヒスチジン %	0.74(0.76)	1.31	0.26
イソロイシン %	1.11(1.12)	2.23	0.31
ロイシン %	2.76(3.55)	3.84	1.11
リジン %	0.67(0.85)	3.18	0.29
メチオニン %	0.54(0.55)	0.69	0.19
シスチン %	0.56(-)	0.79	0.21
フェニールアラニン %	1.44(1.47)	2.45	0.44
スレオニン %	1.01(1.13)	1.94	0.33
トリプトファン %	0.27(0.25)	0.69	0.07
パリン %	1.40(1.50)	2.31	0.44
Ca %	0.22(0.06)	0.36	0.03
P %	0.83(0.89)	0.73	0.31
ビタミンE mg/kg		2.6	9.3
ニコチン酸 mg/kg	80.6	38.2	27.0
パントテン酸 mg/kg	15.1	18.0	6.7
ビタミンB2 mg/kg	9.2	3.3	1.3
ビタミンB12 mg/kg	0.0	0.0	0.0
ビオチン mg/kg	0.84	0.30	0.07
コリン mg/kg	2835	3136	697
葉酸 mg/kg	0.97	1.54	0.17
ビタミンB1 mg/kg	3.1	5.1	3.9
ビタミンB6 mg/kg	8.6	6.7	5.6

上表の値の大豆粕はCP44%の製品の値を採用。

表 - 5 DDGSの総アミノ酸と可消化アミノ酸の成分値について新設工場製品と旧式工場製品、NRC成分表値の比較

A.A	新設工場製品			旧式工場製品			NRC成分表値		
	T.A.A	DC	D.A.A	T.A.A	DC	D.A.A	T.A.A	DC	D.A.A
Lys %	0.83	53	0.44	0.68	0	0.00	0.67	47	0.31
Met %	0.55	59	0.32	0.49	48	0.24	0.54	72	0.39
Cys %	0.58	51	0.27	0.56	40	0.22	0.56	57	0.32
Thr %	1.13	55	0.62	0.99	36	0.36	1.01	55	0.56
Try %	0.24	64	0.15	0.22	68	0.15	0.27	50	0.14
Val %	1.51	61	0.92	1.31	39	0.51	1.40	63	0.88
Ilu %	1.14	63	0.72	1.04	40	0.42	1.11	66	0.73
Leu %	3.57	72	2.57	3.22	57	1.84	2.76	76	2.10
His %	0.76	67	0.51	0.68	44	0.30	0.74	61	0.45
Phe %	1.48	60	0.89	1.30	52	0.68	1.44	76	1.09
Arg %	1.19	76	0.90	1.07	56	0.60	1.22	72	0.88

(註)T.A.Aは総アミノ酸、DCはDigestibility coefficientの略、D.A.Aは可消化アミノ酸の略

(ミネソタ大学M.H.Whitney,氏らの報告より作成)

ン含量も3倍程度高い値を示している。

しかし大豆粕との比較では蛋白質含量が高い割にリジン、アルギニン含量が低く、NDF(セルロース、ヘミセルロースなど)が高く、エタノール発酵の生成過程で生産された為かビタミンB2、ニコチン酸含量が高い値を示している。参考までにDDGS成分値欄の( )内に新設工場製品の分析成分値を併記した。

前にも述べたように表 - 6では数値の斉一性を保つ為、全ての値をNRC標準成分表より抜粋したため、DDGSの成分値のうち特にDEが低い数値で表示されている。

ミネソタ大学の研究者によるとアメリカ国内でのDDGSの評価は現在でも古い研究データに基づく値が多く使用され、非反芻動物での飼料価値の評価については、養鶏では孵化率の向上、養豚では産仔数の増加などUGF的な要素を評価しているケースも多いといわれ、飼料設計担当者の中にはDDGSは粗繊維含量が高く、ME含量は低く、粗蛋白質含量の高い割にはリジン含量が低い(0.6~0.9%)というイメージがあり飼料原料として使用するには反芻動物飼料を除いてはかなりの難色を示している人が多いと報告している。

しかしミネソタ大学を中心とした一連の研究で、現在の新工場製品のC-DDGSは旧工場製品と比較してヒートダメージが少なく表 - 5にも示されるようにアミノ酸の利用率は高く、ME値もNRC成分値と比較して高いことが証明され、Pの利用率についても第2磷酸カルシウムを対照とした出納試験の結果では、蓄積から見た値で92.2%、排泄から見た値で87.5%と高い値を示しておりPの供給源としても充分評価できる事が再確認された。

またDE、MEの値も豚を用いた出納試験の結果4,032Kcal、3,847Kcal程度として表 - 2の分析値からの推定値とほぼ同程度と推測している。

参考までに最近のDDGSのME値に関する報告を見ると乾物換算でNRC : 3,032kcal(1998年)、FRI : 3,838(1999年)、Feed Co-Products of the Dry Corn Milling Process 3,773(1997年)、Distillers Feeds : 3,732(2000年)となり高い値が示されている。

以上の結果から今後は過去に非反芻動物(養豚)飼料原料として使用する上で問題視していたエネルギー等への認識を変え、新しい原料として再検討する価値がある。

## IV. 飼育試験結果から見たC-DDGSの飼料価値評価

アメリカ国内ではDDGSは古くから子豚期、育成仕上期、妊娠期の飼料に用いられており、これまでの研究結果をまとめると若令期では飼料に2.5~5%の使用では発育は変わらないか幾分良く、育成仕上期では上限配合率は20%で10%迄の使用が推奨されている。

繁殖豚の妊娠期用飼料には適しており40%まで配合できるという報告例もあり、ソルガム由来のDDGSを使用した試験では授乳期飼料で最高30%、育成仕上期飼料では60%配合しても成長には何ら問題がなかった事が報告されている(リジン、トリプトファン、メチオニン、スレオニンを添加)。しかしいずれも体系的に行われた研究ではなくスポット的な報告にとどまっている。

このような現状のもと、本章では1997年から2001年にかけてミネソタ大学、サウスダコダ州立大学を中心として行われた「DDGSの養豚飼料への応用」に関する一連の研究成果について紹介する。この試験では豚の発育状態から屠体性状まで幅広く体系的に検討されている。

試験は育成仕上期を5段階に別けたフェーズフィーディングで行われ、試験飼料はコーン・ソイタイプで総アミノ酸をベースとして設計され、各段階にC-DDGSの添加量を変えた区(0%、10%、20%、30%)を設け、各区ともリジン、ME、P、Ca、ビタミン、微量ミネラルを同一レベルに設定している。C-DDGSの成分値は表 - 2,3,4の新設工場値を用い、飼料中のリジン含量は平均の日増体量が770g/日、F/Gが3.1、赤肉率52%としてフェーズ1、2、3、4、5ごとに1.1%、1.0%、0.85%、0.72%、0.64%に設定しフェーズ - 1の対照区ではリジン、メチオニン+シスチン、スレオニン、トリプトファンの比率を100、55、65、20に設計している。対照区以外の区はリジンに対する他のアミノ酸の比率が幾分高くなっている。

現在、アメリカ国内ではコーン・ソイタイプの養豚用飼料の配合設計を行う場合には総アミノ酸をベースにして行う事が多く、設計にあたってはリジン、メチオニン+シスチン、スレオニン、トリプトファンをバランスさせる考え方がとられており、その比率はイリノイ大学では100、62、67、18、カンサス州立大学では100、55、65、18、ミネソタ大学では100、57、65、18の比率が推奨されている。

1. 試験は育成仕上期の交雑種240頭を用いて行われ、区画内の平均体重が113kgに達した段階で出荷層級したのち肉質、歩留まり等の分析を行っている。
2. 増体量の測定は試験開始後91日目と最終出荷時に行っている。
3. 試験開始後91日目迄の結果では、日増体量は20%、30%添加区では815g、806gと0%、10%添加区の861g、856gと比較し劣り、飼料効率は30%添加区では0.36と0%、10%添加区の0.377、0.377に比べ悪かった。
4. 最終出荷成績では日増体量、飼料効率は91日の結果と同じ傾向を示したが、飼料摂取量には差がなく、出荷体重はDDGSの添加%が増すにつれ小さい傾向にあり、屠体重も20、30%区は80.4kg、80.3kgと0、10%区の85.6kg、86.6kgに比べて小さかった(出荷体重差の影響が一部でている)。
5. 屠体性状については屠体重の差の影響もあり成型歩留まりは20%、30%区は71.50%、71.74%と0%、10%区の73.73%、73.03%と比較して減少していた。しかし赤身の割合は変わらなかった。

表 - 7 DDGSの添加レベルによる脂肪の質の性状

	対照区	10%区	20%区	30%区	RMSE
腹脂肪の厚さ cm	3.15	3.00	2.84	2.71	0.56
腹脂肪の硬さ係数 degree	27.3	24.4	25.1	21.3	6.3
腹脂肪の硬さ係数(修正値)	25.9	23.8	25.4	22.4	5.4
ヨウ素価	66.8	68.6	70.6	72.0	3.4

腹脂肪の硬さの修正値は厚さで補正した値である。ヨウ素価は脂肪の不飽和度の指標として用いられる  
(ミネソタ大学M.H.Whitney, サウスダコタ大学B.Shanks氏らの報告より作成)

脂肪の質については表 - 7に示されるようにDDGSの配合比率が増加するにつれヨウ素価は上昇し、屠体脂肪中の不飽和脂肪酸の増加傾向がみられる。



表 - 8 DDGSの添加レベルによる筋肉の質の性状

	対照区	10%区	20%区	30%区	RMSE
明度(L値)	54.28	55.10	55.81	55.51	2.87
カラー値	3.17	3.15	3.05	3.12	0.81
硬さ	2.21	2.04	2.06	2.08	0.52
霜降り(マープリング値)	1.89	1.85	1.72	1.91	0.61
pH	5.61	5.56	5.60	5.61	0.16
11日目の減量 %	2.06	2.37	2.84	2.54	1.15
24時間のドリップロス %	0.70	0.67	0.71	0.74	0.17
クッキングロス %	18.66	18.50	18.26	18.77	2.58
総水分ロス %	21.42	21.54	21.81	22.05	3.13
せん断力 kg	3.40	3.44	3.33	3.30	0.53

L値は黒が0で白が100、カラスコア(1~6)、硬さの値(1~3)、マープリングスコアはNPPC(1999年)による値である。  
(ミネソタ大学J.Shurson氏らの報告より引用)

表 - 8の結果からはC-DDGSの配合率により肉質には大きな差は見とめられなかった。

以上の結果を総合すると総アミノ酸ベースで設計した養豚育成仕上期飼料でDDGSを配合する場合には、適正な増体と屠体成績を勘案すると日本国内では10%迄の使用が望ましい。

表 - 9 養豚用飼料にDDGSを使用した時の推奨値

	Feed Co Products Handbook (1997)	Pork Industry Handbook	Newland and Mahan (1990)
離乳期 > 11.3kg	5%以下	5%以下	5%以下
育成期 > 18.1 ~ 54.4kg	7.5%以下	10%以下	20%以下
仕上期 > 54.4 ~ 出荷迄	10%以下	10%以下	20%以下
妊娠期雌	50%以下	40%以下	40%以下
授乳期雌	20%以下	10%以下	
種雄豚	30%以下		
補充雌豚	20%以下		

上の表の推奨値は粗蛋白質と総アミノ酸をベースにして旧式工場製品に基づいて評価された値であり、ミネソタ大学の研究者達は新設工場製品についてはNewland and Mahan(1990)の推奨値がリジン、トリプトファンを補正した後に使用するのに適した値としており、この表の欠落部分(授乳、種豚、補充豚)にはFeed Co Products Handbook(1997)の値が適切としている(表中の太字の数値)。

## V. 育成仕上期の養豚飼料における C-DDGSの価値の推定

原料の適正価格を推定するには条件設定により評価が大きく変動する事があり困難な部分が多い、本章では現在日本国内での一般的な養豚用仕上り飼料の配合例(CP-15、TDN-78)を参考にC-DDGSの成分値からみた適正価格をコンピューターで試算した。

(条件)

1. 飼料の成分値としてCP:15.0%(設計値15.3%)、TDN:78、リジン:0.73(リジン含量の高いケースもある)、メチオニン+シスチン:0.53、トリプトファン:0.19、有効リン:0.32を設定し、原料の成分値はDDGSはミネソタ大学の新設工場成分値、他の原料は日本標準飼料成分表の値を採用した。
2. 配合設計に組み入れた原料はトウモロコシ、大豆粕、油脂、魚粕、キャノーラミール、ふすま、第2燐酸カルシウム、リジン、メチオニン、トリプトファンで夫々のkgあたりの価格は過去数年間の「日本貿易日報」、市場価格を参考とし油脂55円、魚粕70円、キャノーラミール22円、ふすま20円、燐酸カルシウム52円、リジン230円、メチオニン300円、トリプトファン6,000円と仮定し、トウモロコシ、大豆粕の価格は一昨年度、昨年度の市場価格を参考に例-1として夫々18円、32円、例-2として夫々15円、25円を設定した。なお配合使用量の上限としてC-DDGSは10%、キャノーラミールは2%を設けた。(検討の詳細は紙面の都合上割愛する)

(結果)

例-1:トウモロコシ、大豆粕の価格を夫々18円/kg、32円/kgと仮定したケースではTDN、トリプトファン、有効リンが制限因子となり、C-DDGSの価格は24円/kg前後と評価され上限を1%緩和する事により2.8円/トン下がる事を示していた、キャノーラミールは上限値の2%まで採用され上限値を1%緩和すると飼料価格が6円/トン下がる事を示していた。

例-2:トウモロコシ、大豆粕の価格を夫々15円/kg、25円/kgと仮定したケースではTDN、トリプトファン、有効リンが制限因子となり、メチオニンもこれに近く、C-DDGSの価格は21円/kg前後と評価されキャノーラミールはC-DDGSと同価格の21円/kgに下げても採用されなかった。

以上の結果を纏めてみると蛋白質含量(一部アミノ酸補正が必要)が高く、ふすま等の糟糠類や雑油粕と比較してエネルギー価高い(脂肪含量が多い事に起因)というDDGSの成分特性をよく表わした評価結果となり、今後の日本国内での飼養試験の結果や価格しだいではおもしろい原料の1つである。

(以上の価格推定値はあくまでも参考値でありC-DDGSの使用上限、他の原料価格等の条件設定で結果が左右されるので現場条件に合わせて再計算の必要がある)

## VI. まとめ

本レポートでは従来から日本国内でもスポット原料として反芻動物を中心に使用されていたC-DDGSをアメリカ国内での量産体制の確立を期にミネソタ大学を中心とした研究者により養豚飼料への新たな原料として再評価が行われた一連の研究報告について紹介した。

今回紹介したC-DDGSはミネソタ地区の新しい設備で生産され、生産工程管理が充分に行われている為、品質が安定し表-5に示されるようにアミノ酸の有効利用率も高く製品の色も淡く臭気も少なく原料としての形を整えている。

また豚を用いた代謝試験の結果や成分値から推定したDE、MEなどの値は1999年度版のフィードスタッフの値に近く、日本標準飼料成分表やNRC標準値に比べて高いこと、非フィチン態リンの含有比率も高く世界的にみてリン資源の不足(本誌22号参照)の現状やリンの排泄による公害問題などを勘案すると今後、検討に値する原料の1つであると判断される。

( 追記 )

ミネソタ大学のOngoing & Future Researchのページに「DDGSについての将来の研究」と題して興味ある小論文が提出されているので要約を紹介する。

1. 現在、食肉業界ではNatural meatが差別化マーケットとして成長してきている。

これらのマーケットニーズの多くは「成長促進として用いられている抗生物質を飼料から除去する事」、さらに「飼育期間中の抗生物質使用の排除」(特に日本のような輸出マーケット)であり、今や人間の疾病に使用する抗生物質耐性菌に関しては医薬業界や国民全体の最大の関心事となっている。

2. DDGSについての過去の研究を見ると豚、鶏に対して未知成長因子を含み、「DDGSを七面鳥飼料に5%配合する事により発育が17~32%改善、採卵鶏飼料に10%配合する事により飼料摂取量が増加、七面鳥種鶏飼料に3%配合する事により産卵数と孵化率が向上、種豚飼料に5%配合する事により産仔のサイズや育成率が改善」など成長、繁殖、飼料摂取量を改善させる事を示唆する報告がみられている。

3. 最近、BSE、大腸菌、サルモネラの影響で食品安全性の観点から飼料メーカーや畜産・養鶏農家は飼料への動物副産物の使用を排除している。この傾向は今後も続くものと判断される。これに加え食品業界は安全性での差別化市場を発展させており、多くの消費者は全植物性タイプ飼料使用の農場からの肉、卵の生産物を求めており、更に一部の消費者は鶏や家畜に対して家畜の副産物を与えるという考え方に反対し、もしこのような状態で生産された生産物であればこれらの食品を購買しない。

4. DDGSは植物性であり動物副産物の利用ではないので、現在の市場ニーズに合致しており、更に農場段階での病原菌を抑圧できる(後述)、医薬品メーカーがDDGSを使用した時に、これらの細菌を抑えられるのかについて興味を示している。

5. 養豚場で最も典型的な腸炎は増殖性腸炎(Iteitis)である。この疾病は育成仕上期の成績に影響を与え抗生物質の投与、豚の成長阻害、斃死率等で年間20百万ドルの損失を与えている。(Lawsonia intracellularisが原因菌とされ日本国内でも特定の農場では発生をみており疾病の発生と農場衛生管理は関連が大きいといわれている)予防的な抗生物質では効果が無く急性な発生をコントロールする為には治療的な抗生物質の使用が必要でありコストが高み、かつ法律的にも常時の使用は禁止されている。

6. DDGSを育成仕上期の飼料に5~10%添加すると、この疾病による成長阻害を減少させる効果があるという数多くの野外報告が見られ、またDDGS使用の農場の50%以上で斃死率の減少が見られミネソタ大学が一連のDDGS再評価試験を行った過程でもこの事象が確認されている。

7. この理由としてDDGSは他の原料と比較して不溶性の繊維(Insoluble Fiber)を含んでおり不溶性の繊維が病原性の細菌から腸管を守り腸内の有用菌の栄養源になつているとも考えられる。

協会の活動紹介(2001年12月 - 2002年2月)

12月

米国大麦生産者  
ミッション



オットেম氏、大麦モルトを原料とするビールに舌づつみ



雪印種苗(株)飼料工場にて



大麦セミナー会場にて、左より、ワシントン州大麦委員会ポール・ウィリアム氏、アイダホ州大麦委員会クラーク・カーフマン氏、ノースダコタ州大麦委員会チャールズ・オットেম氏



焼酎のパッケージ工程

雲海酒造(株)綾工場にて、副産物の飼料としての応用について説明する宮野工場長



鹿島神社にて、鹿島では、関東グレーンターミナル(株)と雪印種苗(株)飼料工場を見学した



宮城県、石巻埠頭で荷揚げする米国産大麦を輸送するパナマックス船石巻サイロ(株)北日本くみあい飼料(株)を見学した



アメリカ穀物協会は、米国産大麦、とうもろこし、ソルガム、およびその加工品の国際市場の創出と拡大を目的とした、アグリビジネス企業と生産者をメンバーとする民間の非営利団体です。当協会は、国外に11の事務所を置き、80を超える国々のプログラムを管理しています。当協会は、協会会員である生産者とアグリビジネス関係者、米国農務省の支援を受けています。

本紙編集：坂下

お知らせ 本紙『NETWORK』のバックナンバーをインターネットで見ることができます。  
<http://www2.gol.com/users/grainsjp>

ネットワークに関するご意見、  
ご感想をお寄せ下さい。



アメリカ穀物協会

〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目1番14号  
東信溜池ビル7F  
Tel: 03-3505-0601 Fax: 03-3505-0670

日本事務所のE-mailアドレスは、grainsjp@gol.com  
ホームページ(英語)は、<http://www.grains.org>です。