



養殖用飼料タンパク源 としてのDDGSの使用

カート A. ローゼントレイター博士
(Kurt A. Rosentrater, Ph.D.)

米国農務省農業研究局

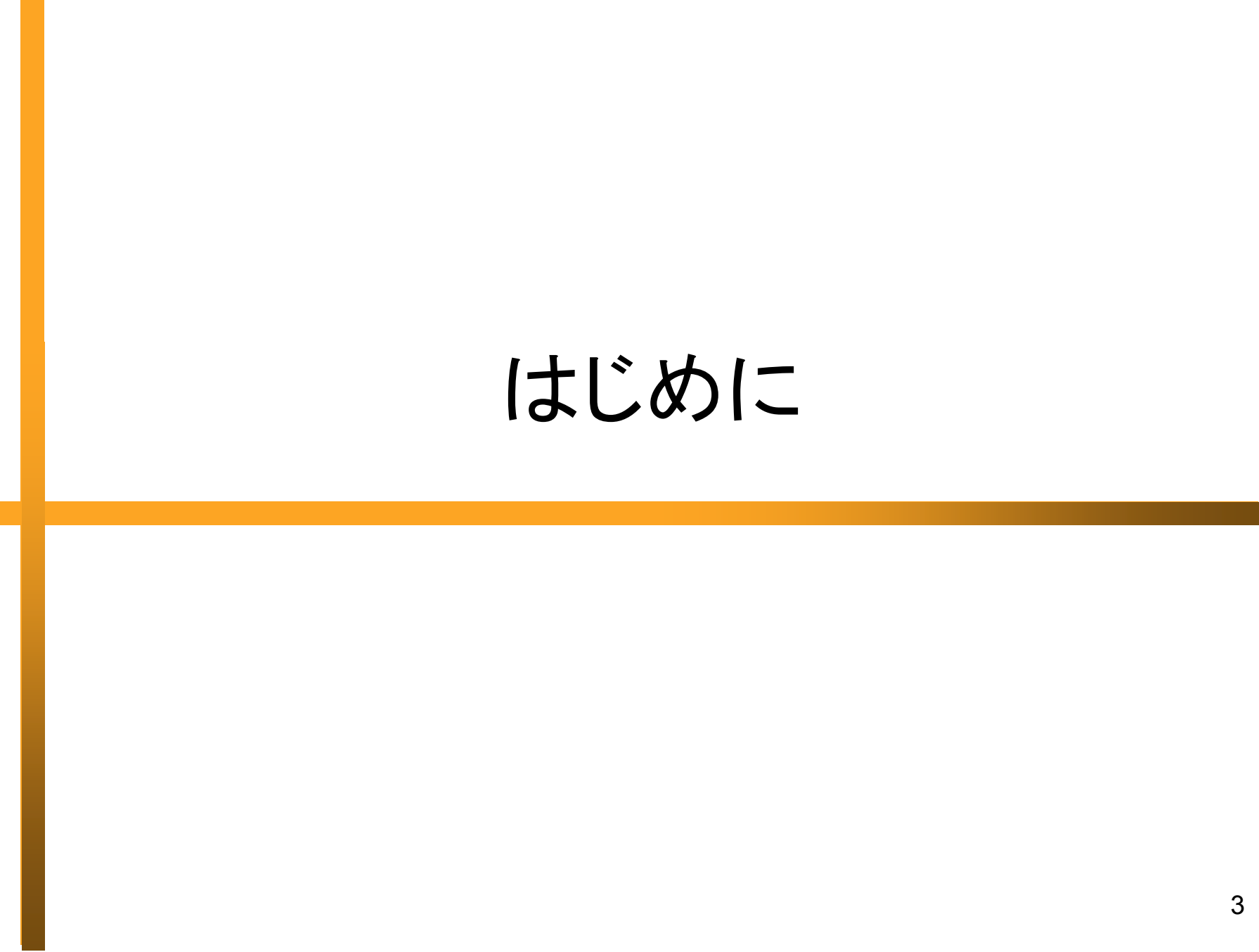
サウスダコタ州ブルッキングス 北中央地域農業研究所

米国農務省バイオプロセス工学首席研究者



プレゼンテーションの概要

- はじめに
- DDGS市場
- DDGS – 化学組成
- DDGS – 物理的性質
- DDGS – 養殖用飼料への配合
 - 発表された研究のレビュー
 - USDA研究のレビュー
 - 飼料加工
 - 高タンパクDDGS
- まとめ

A decorative graphic consisting of a vertical orange line and a horizontal orange line intersecting at the center of the page. The lines have a slight gradient, appearing darker at the ends.

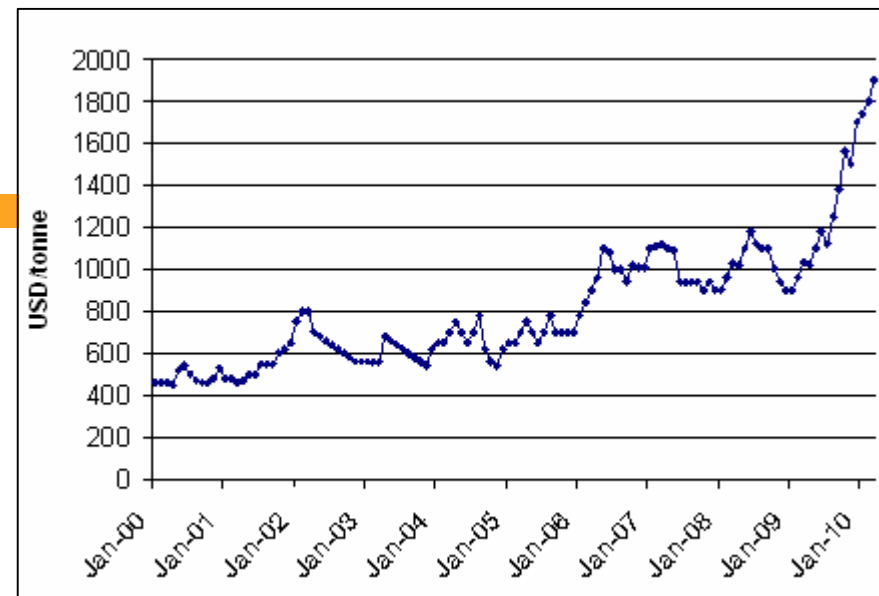
はじめに

はじめに

- 世界の養殖
 - 最も急成長を続ける飼料製造部門
 - 2009年: 5,200万トン
 - 年間成長率は 6.9%以上 (1970～2006年)
- 2006年
 - 世界の魚消費量の77%以上は人の食用
 - 33%は魚粉・魚油製造に使用される

はじめに

- 飼料コスト
 - 事業コストの40%～70%
 - 魚粉は重要な原料である
 - 魚に必須タンパク質、アミノ酸、脂肪酸を供給
- 魚粉価格
 - この4年間では1トンあたり1,000ドル以上
 - 2010年には2,000ドルに到達
- 理由は?
 - 魚粉の需要
 - 天然魚の乱獲
- 解決策
 - 代替タンパク質原料の使用
 - コストの削減
 - 入手を容易にする
 - 選択肢は多い



魚粉価格の推移

はじめに

- 動物性飼料製品:

- 魚粉

- 水産加工副産物

- 水産加工残渣サイレージ

- 血粉(BM)

- フェザーミール(FEM)

- 肉骨粉(MBM)

- 家禽副産物粉(PBM)

はじめに

- 植物性製品:
 - アルファルファ粉
 - ブラックビーン (Phaseolus vulgaris L.)
 - ヒヨコマメ (Cicer arietinum L.)
 - コーングルテンミール (CGM)
 - コーングルテンフィード (CGF)
 - 綿実粕 (CSM)
 - レンズマメ (Lens culinaris)
 - ルピナス種粕 (LSM)
 - 白インゲンマメ (Phaseolus vulgaris L.)
 - エンドウマメ (Pisum sativum L.)
 - ぶちインゲンマメ (Phaseolus vulgaris L.)
 - ナタネ (RSM) / 菜種粕
 - 大豆粕 (SBM)
 - 大豆タンパク濃縮物 (SPC)
 - 大豆タンパク質分離副産物 (SPI)
 - その他の原料

はじめに

- 課題
 - 不要な栄養素 – 栄養分吸収阻害要因
 - トリプシン阻害物質、プロテアーゼ阻害物質、レクチン、ゴシポール
 - 栄養にバラツキがある
 - 栄養バランスの不良
 - アミノ酸組成
 - 脂肪酸組成
 - コスト集約型加工
 - コスト
 - 入手可能性
 - 魚の成長成績における有効性

はじめに

- トウモロコシ由来のDDGSは、養殖用飼料の有効なタンパク源となる可能性がある
 - 低コスト
 - 容易に入手できる
 - 有効な飼料原料

はじめに



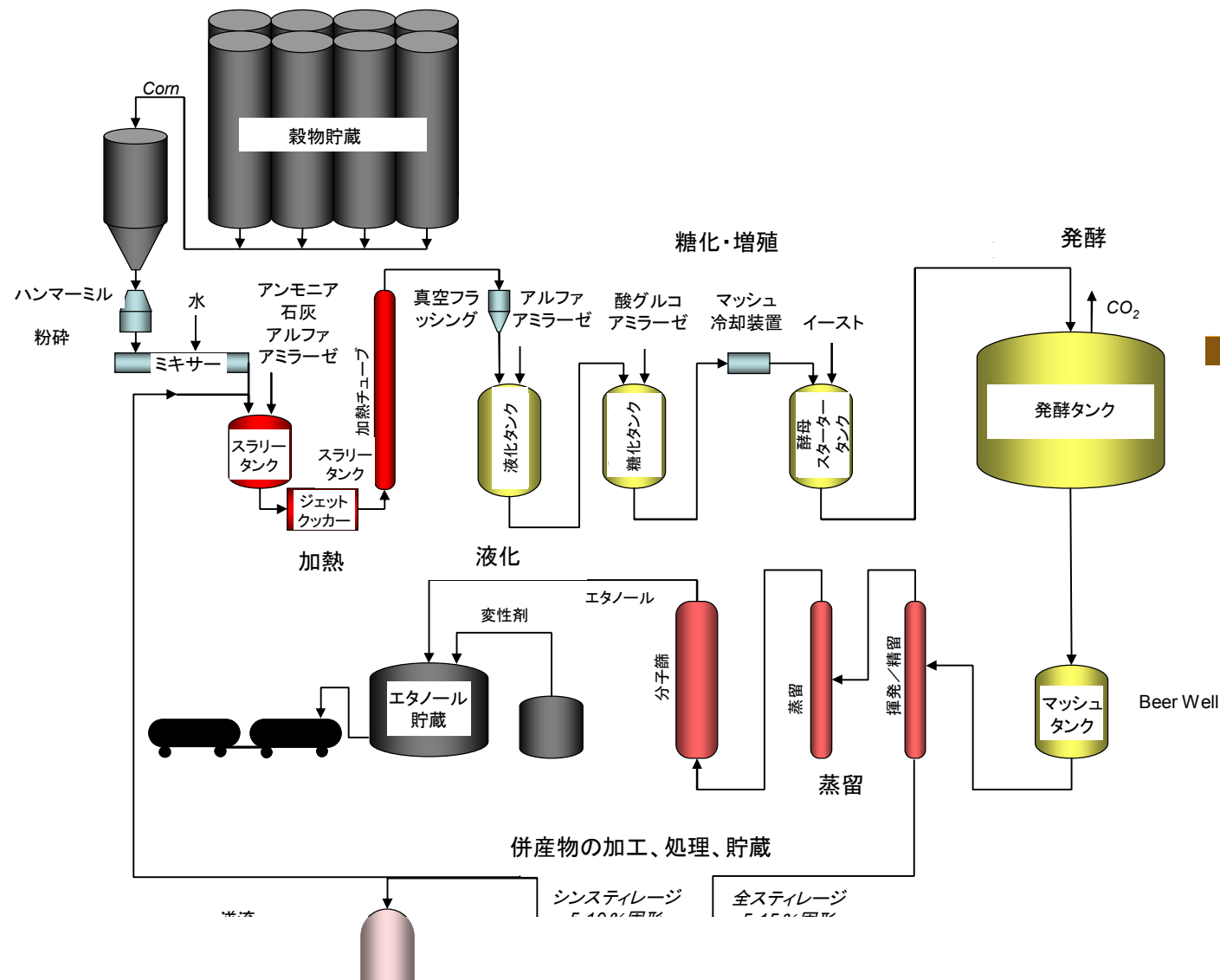
燃料エタノールプラントから産出される
ジスチラーズ・ドライド・グレイン・ウイズ・ソリュブル (DDGS)

はじめに

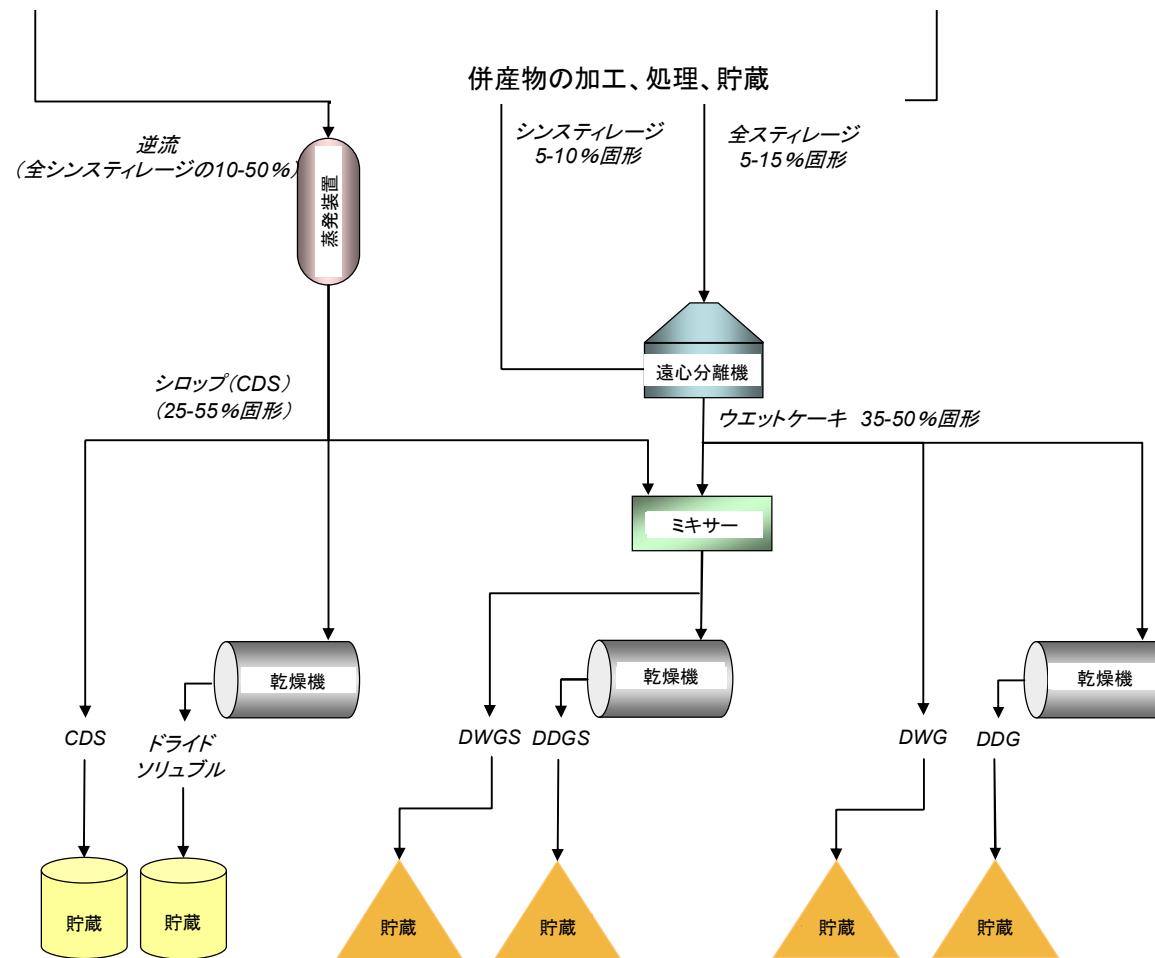


乾式粉碎でトウモロコシからエタノールを製造するプラント。
年間約1億2,000ガロンの名目生産能力がある

はじめに – DDGS加エプロセス



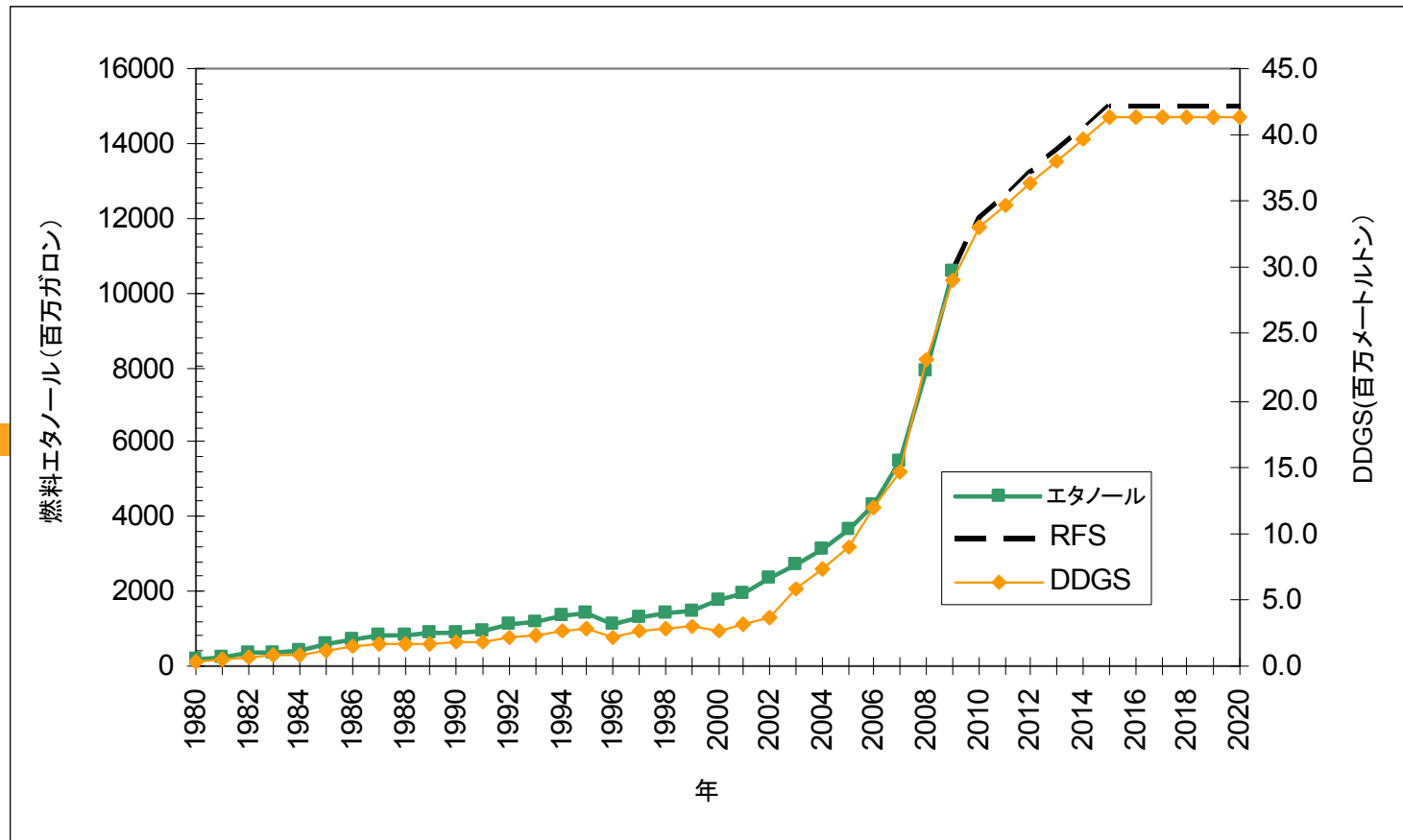
はじめに – DDGS加エプロセス



A decorative graphic consisting of a vertical orange line and a horizontal orange line that intersect in the center of the slide.

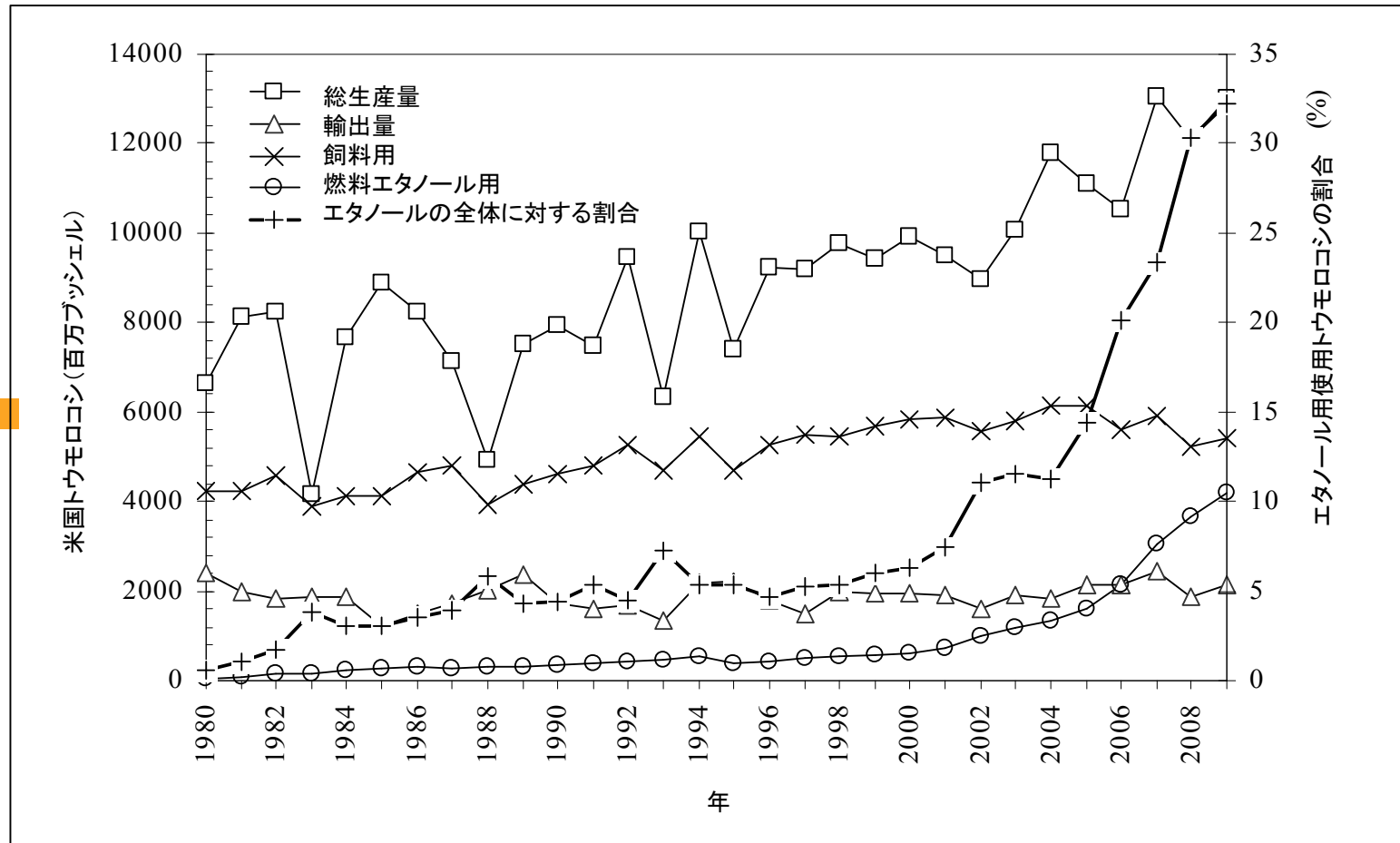
DDGSの市場

DDGSの市場



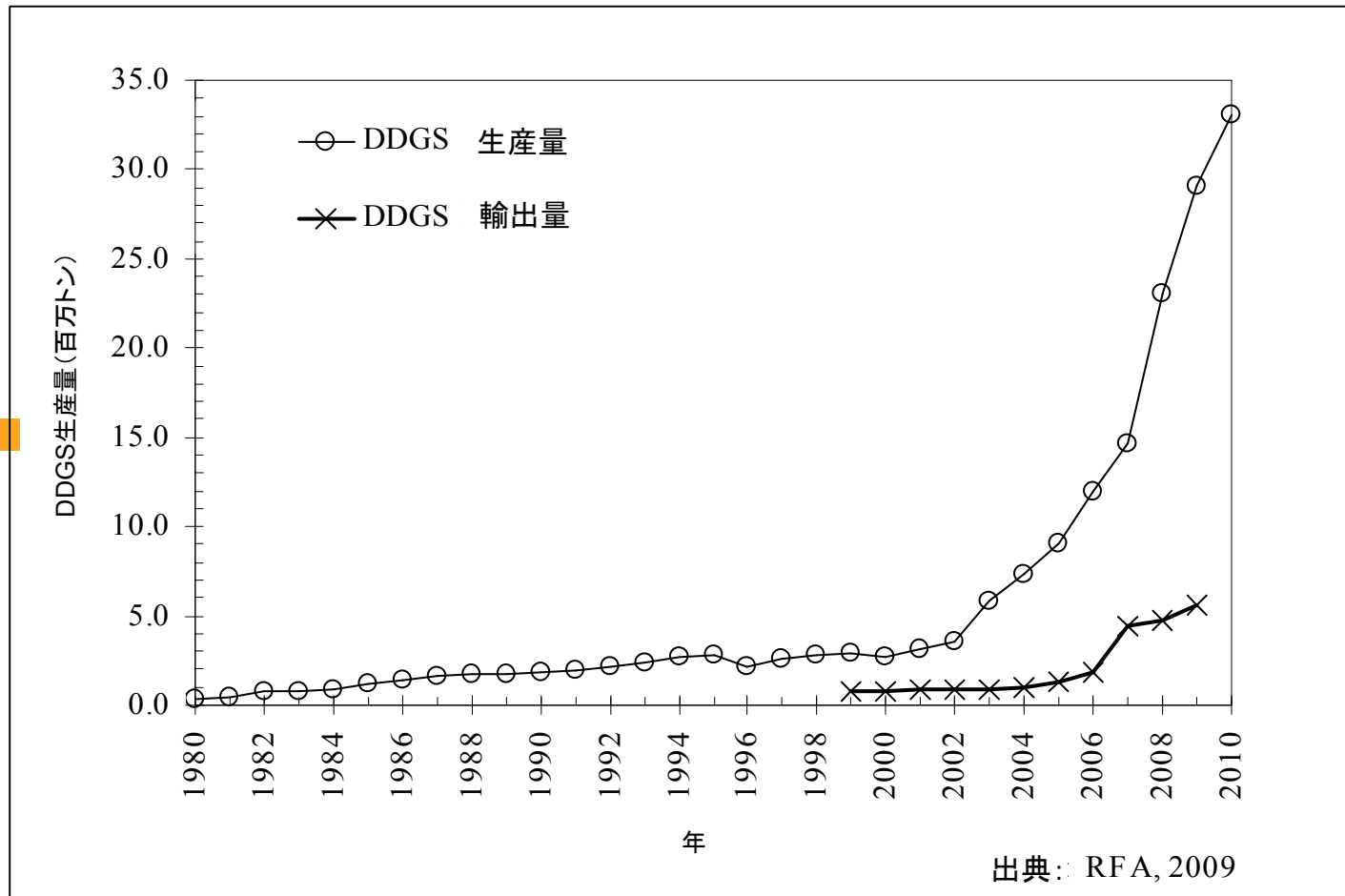
燃料エタノール生産の推移およびDDGSの推定産出量。RFSは再生可能燃料基準が義務付けるレベルを表している(RFA、2009年)

DDGSの市場



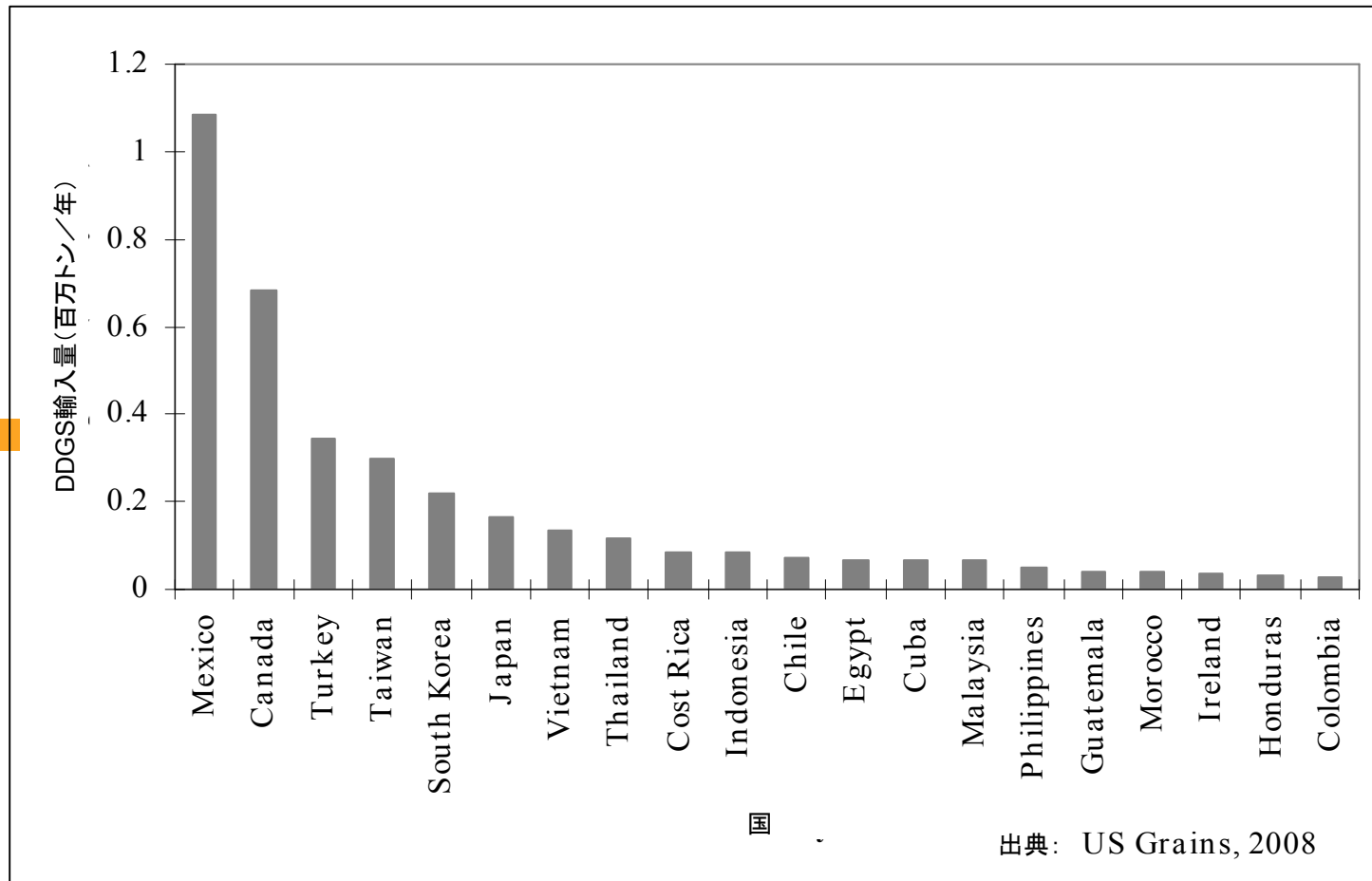
1990年以降の米国トウモロコシ生産量および主要用途 (ERS, 2009)

DDGSの市場



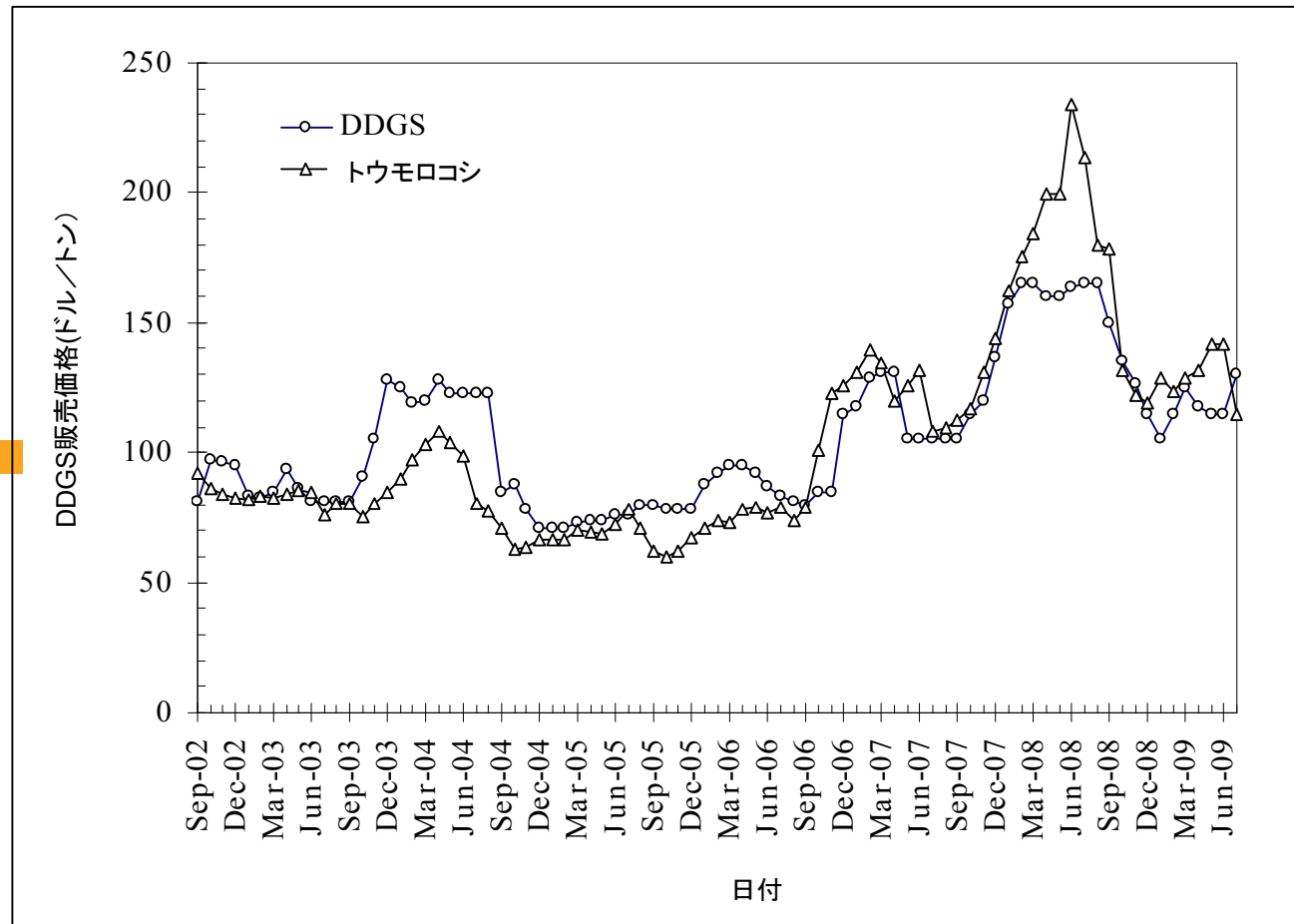
DDGSの供給可能量は世界的に増大している

DDGSの市場



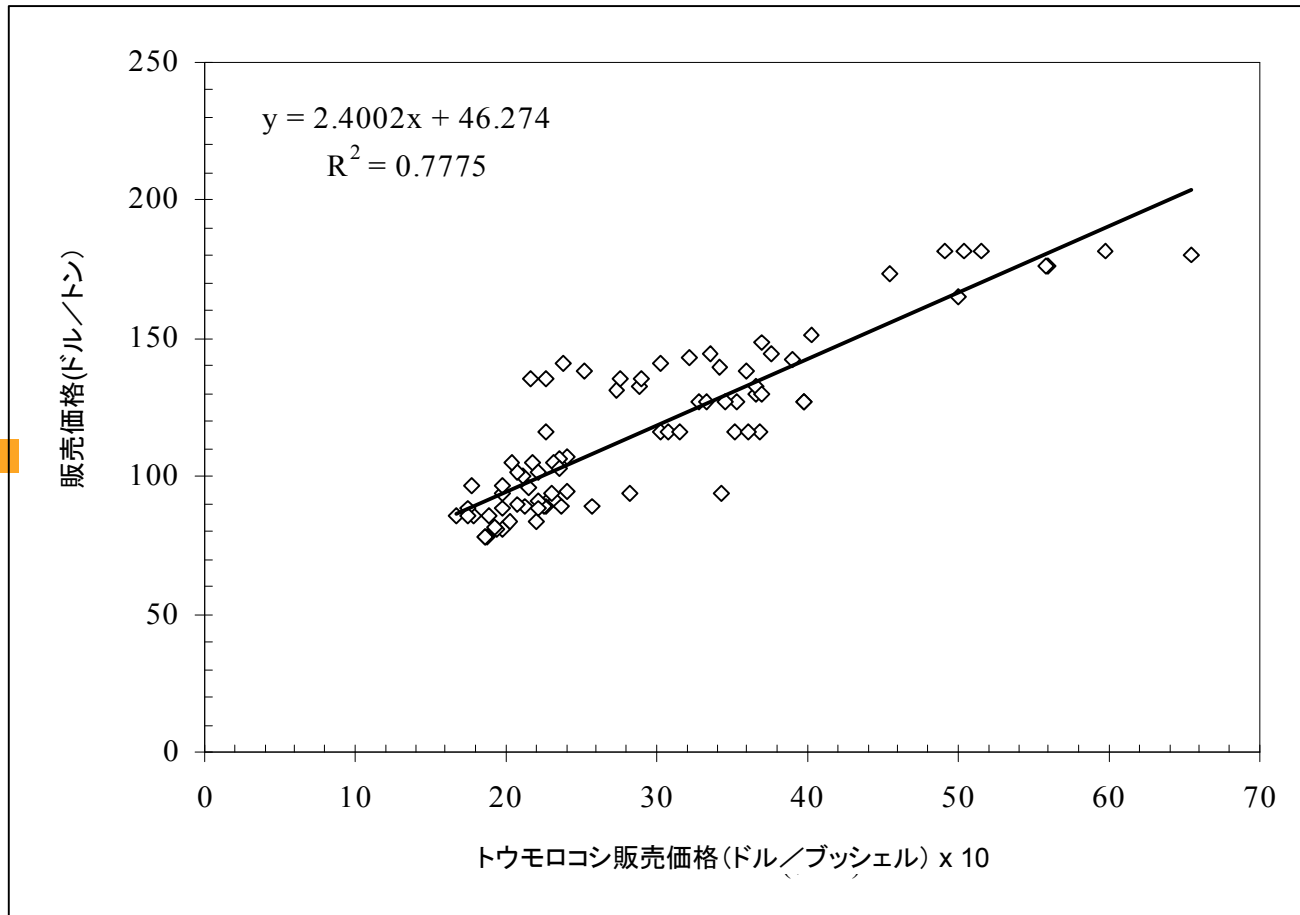
米国DDGS主要輸出市場

DDGSの市場



DDGSおよびトウモロコシ販売価格の推移(ERS, 2009)

DDGSの市場



DDGS販売価格およびトウモロコシ販売価格の関係 (ERS, 2009)



DDGSの化学組成

DDGS – 化学組成

12州49件のエタノールプラントから採取したDDGSサンプルの平均組成(% db)
(2009年ミネソタ大学提供のデータに基づく)

州	サンプル採取 プラント数	乾物 (%)	粗タンパク質 (%)	粗脂肪 (%)	粗繊維 (%)	灰 (%)
ミネソタ	12	89.03	30.70	11.73	6.96	6.63
イリノイ	6	89.72	29.98	11.48	7.26	5.60
インディアナ	2	90.55	29.40	12.80	8.07	5.86
アイオワ	7	88.92	31.23	10.27	7.57	5.76
ケンタッキー	3	90.57	29.43	9.77	9.28	4.47
ミシガン	1	89.60	32.60	11.00	7.37	6.06
ミズーリ	2	87.90	30.45	10.25	7.17	5.39
ネブラスカ	4	89.02	30.40	11.35	8.13	4.23
ニューヨーク	1	88.21	30.00	9.60	7.87	4.55
ノースダコタ	4	89.21	31.75	11.70	6.89	6.32
サウスダコタ	4	88.61	31.80	11.53	6.65	4.78
ウイスコンシン	3	89.68	31.70	11.63	7.59	5.77
平均	49	89.25	30.79	11.09	7.57	5.45

DDGS – 化学組成

12州49件のエタノールプラントから採取したDDGSサンプルの必須アミノ酸平均組成(% db) (2009年ミネソタ大学提供のデータに基づく)

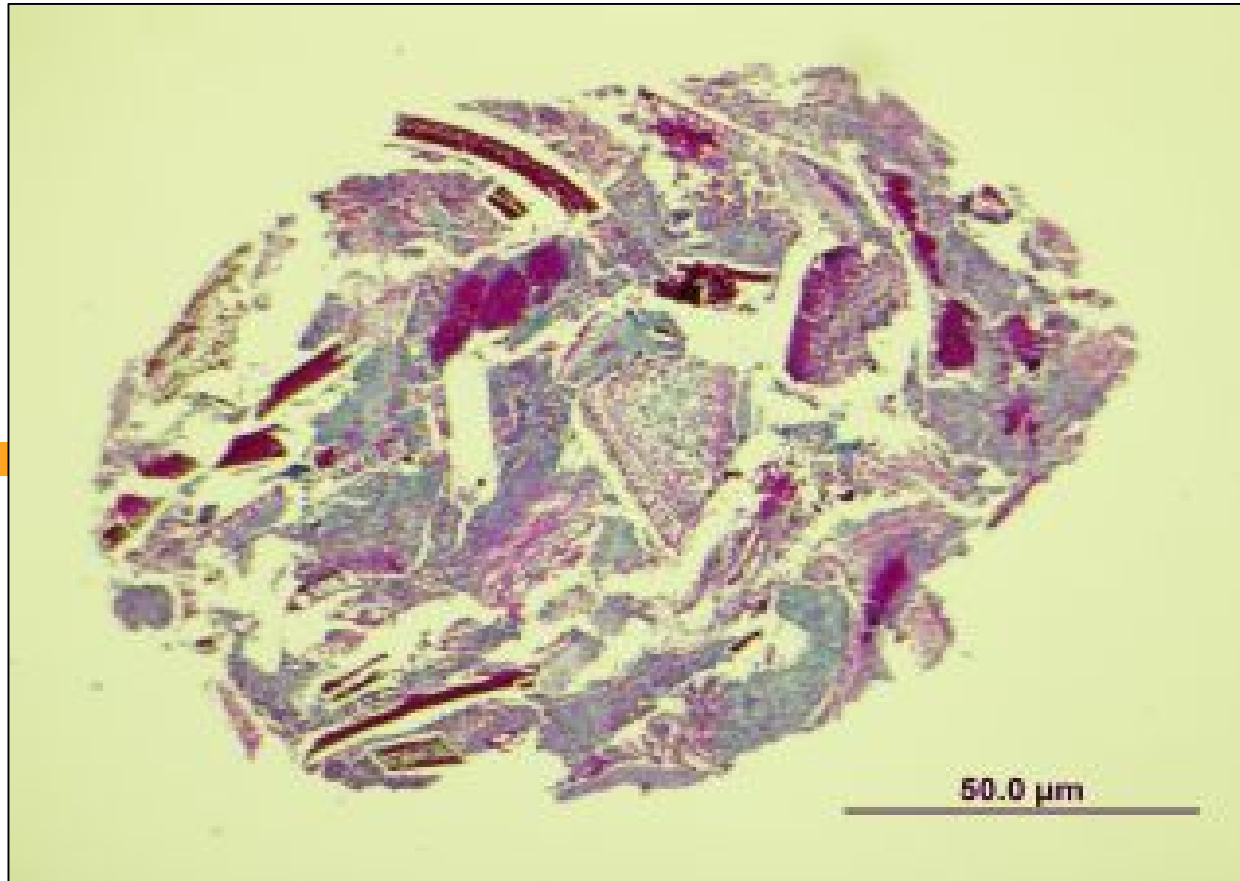
州	サンプル採取 プラント数	アルギニン (%)	ヒスチジン (%)	イソレクチン (%)	ロイシン (%)	リジン (%)	メチオニン (%)
ミネソタ	12	1.39	0.84	1.20	3.63	0.99	0.61
イリノイ	6	1.37	0.82	1.15	3.45	0.94	0.63
インディアナ	2	1.19	0.79	1.08	3.28	0.85	0.60
アイオワ	7	1.34	0.86	1.20	3.63	0.95	0.61
ケンタッキー	3	1.35	0.79	1.09	3.33	0.89	0.66
ミシガン	1	1.28	0.86	1.18	3.67	0.87	0.71
ミズーリ	2	1.35	0.83	1.18	3.68	0.89	0.73
ネブラスカ	4	1.46	0.88	1.18	3.61	1.05	0.65
ニューヨーク	1	1.46	0.85	1.21	3.64	1.04	0.61
ノースダコタ	4	1.37	0.88	1.24	3.76	0.97	0.65
サウスダコタ	4	1.47	0.87	1.22	3.70	1.08	0.62
ウイスコンシン	3	1.45	0.86	1.24	3.75	1.07	0.59
平均	49	1.37	0.84	1.18	3.59	0.96	0.64

DDGS – 化学組成

12州49件のエタノールプラントから採取したDDGSサンプルの必須アミノ酸平均組成(% db) (2009年ミネソタ大学提供のデータに基づく)

州	サンプル採取 プラント数	フェニルアラニン (%)	スレオニン (%)	トリプトファン (%)	バリン (%)	チロシン (%)
ミネソタ	12	1.59	1.17	0.24	1.62	1.20
イリノイ	6	1.51	1.11	0.22	1.52	1.22
インディアナ	2	1.45	1.04	0.21	1.44	-
アイオワ	7	1.57	1.14	0.25	1.60	-
ケンタッキー	3	1.48	1.09	0.26	1.43	-
ミシガン	1	1.52	1.15	0.25	1.57	-
ミズーリ	2	1.53	1.15	0.24	1.58	-
ネブラスカ	4	1.58	1.15	0.26	1.58	1.14
ニューヨーク	1	1.63	1.11	0.20	1.59	1.19
ノースダコタ	4	1.62	1.19	0.25	1.67	-
サウスダコタ	4	1.67	1.19	0.23	1.63	1.35
ウイスコンシン	3	1.65	1.14	0.22	1.64	1.25
全平均	49	1.56	1.13	0.24	1.57	1.22

DDGS – 化学組成



DDGS粒子の断面図 炭水化物は濃い紫で、タンパク質はピンクで示されている (Bhadra et al., 2009)

DDGSと魚粉の比較

トウモロコシ由来のDDGSの化学組成

成分	値の範囲 (%) ^a	メンハーデン魚粉 (%) ^a
乾物	87.9 – 90.6	90
タンパク質	29.4 – 32.6	65
脂質	9.6 – 12.8	10
灰分	4.2 – 6.6	19
炭水化物	5.4-10.6	
粗繊維		
総食物繊維	24.2-39.8	
中性デタージェント繊維	25.0-51.3	
酸性デタージェント繊維	8.0-21.0	
デンプン	4.7-5.9	
可溶無窒素物	33.8-54.0	

^a 出所: various commercial products

DDGSと魚粉の比較

トウモロコシ由来DDGSのアミノ酸成分値

アミノ酸	値の範囲 (%) ^a	メンハーデン魚粉 (%) ^a
アルギニン	1.19 – 1.47	3.7
シスチン	0.4-0.8	0.6
ヒスチジン	0.79 – 0.88	1.7
イソロイシン	1.08 – 1.24	2.6
ロイシン	3.28 – 3.76	4.5
リジン	0.85 – 1.08	5.0
メチオニン	0.59 – 0.73	1.8
フェニルアラニン	1.45 – 1.67	2.5
スレオニン	1.04 – 1.19	2.4
トリプトファン	0.20 – 0.26	5.2
チロシン	1.14 – 1.35	1.9
バリン	1.43 – 1.67	3.1
アラニン	1.8	
アスパラギン酸	1.8	
グルタミン酸	4.6	
グリシン	1.0	
ヒドロキシプロリン	0.2	
プロリン	2.6	
セリン	1.4	

DDGSと魚粉の比較

トウモロコシ由来DDGSのビタミン組成

ビタミン	値の範囲 (mg/kg) ^{a, b}	メンハーデン魚粉 (mg/kg) ^c
ビオチン	0.77 – 1.04	0.1
コリン	2548 – 2551	3112
フォラシン	0.73 – 0.90	0.1
ナイアシン	72.0 – 88.5	55
パントテン酸	13.83 – 13.9	8.6
ピリドキシン	4.60 – 5.00	4.7
リボフラビン	8.30 – 8.39	4.8
チアミン	2.8 – 5.9	0.6
ビタミンE	39.1 – 40.7	
ビタミンA	1363 (IU/kg)	
ビタミンD	600 (IU/kg)	

^a 出典: Hertrampf and Piedad-Pascual (2006)

^b 出典: NRC (1993)

^c 出所: various commercial products

DDGSと魚粉の比較

トウモロコシ由来DDGSのミネラル組成

ミネラル成分	値の範囲 (%) ^{a, b}	メンハーデン魚粉 (%) ^c
カルシウム	0-0.5	3.8
リン	0.4-1.0	2.6
カリウム	0.4-1.3	1.1
マグネシウム	0.1-0.4	1.9
硫黄	0.3-1.1	
ナトリウム	0-0.52	0.7
塩素	0.1-0.4	
亜鉛	38.0-312.1 mg/kg	98.9 mg/kg
マンガン	9.0-49.5 mg/kg	48.6 mg/kg
銅	3.0-52.8 mg/kg	3.3 mg/kg
鉄	68.0-295.0 mg/kg	904 mg/kg
セレン	0.35 mg/kg	1.9 mg/kg

^a 出典: Rosentrater and Muthukumarappan (2006)

^b 出典: NRC (1993)

^c 出所: various commercial products



DDGS物理的性質

DDGS – 物理的性質

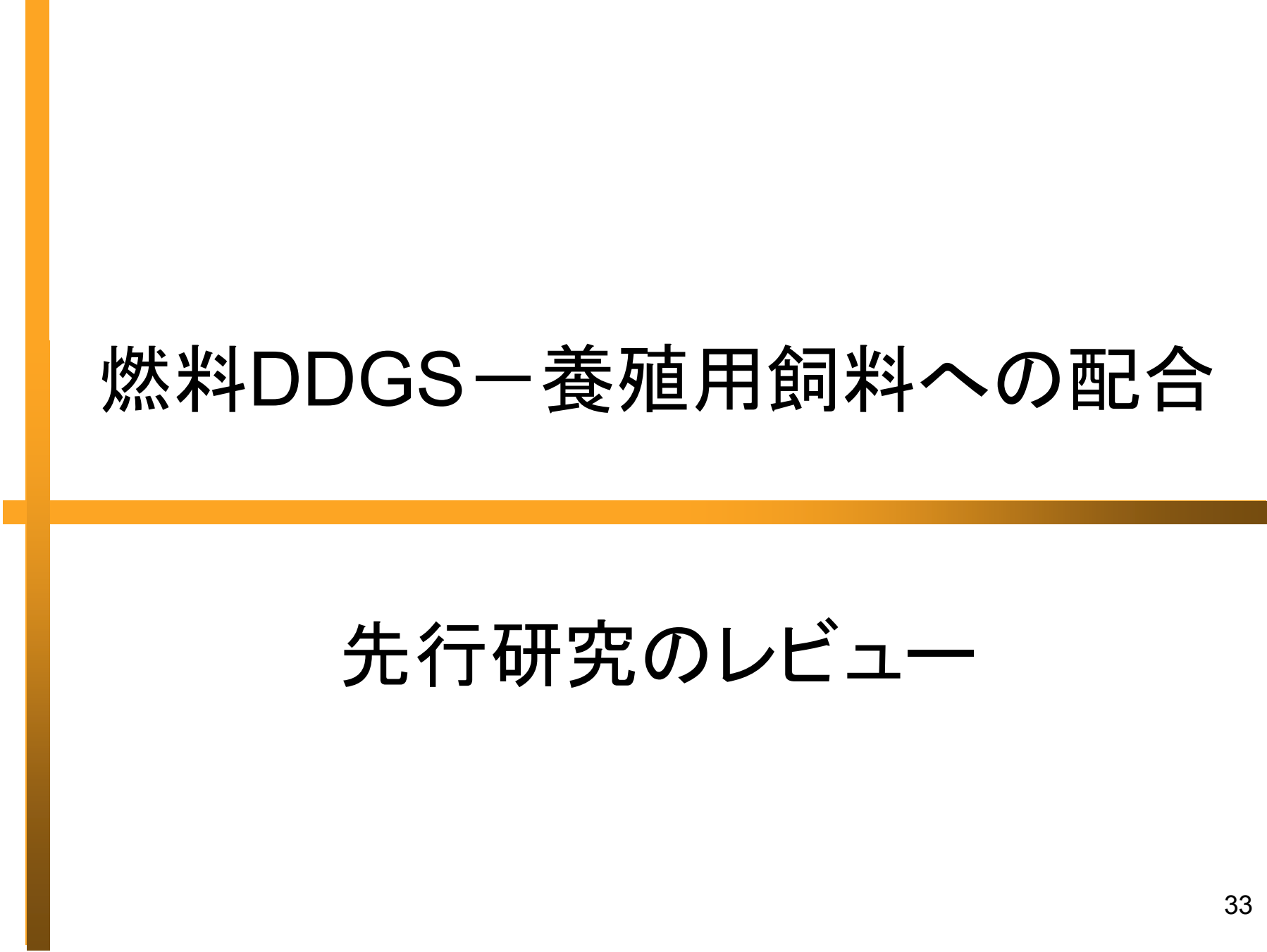
トウモロコシ由来DDGSの物理的性質

物性	範囲	参照文献
幾何平均径 (d_{gw} , mm)	0.21 – 1.38	Bhadra et al., 2009
	0.680 – 1.862	Clementson et al., 2009
	0.434 – 0.949	Liu, 2008
	0.073 – 1.217	U.S. Grains, 2008
	0.256 – 1.087	U.S. Grains, 2008
	0.61 – 2.13	U.S. Grains, 2008
幾何標準偏差 (S_{gw} , mm)	0.20 – 0.55	Bhadra et al., 2009
	0.418 – 1.494	Clementson et al., 2009
	0.313 – 0.556	Liu, 2008
	0.26	U.S. Grains, 2008
	0.28	U.S. Grains, 2008
	1.56 – 2.75	U.S. Grains, 2008
かさ密度 (kg/m^3)	490 – 600	Bhadra et al., 2009
	414.37 – 577.78	Clementson et al., 2009
	389.3 – 501.5	Rosentrater, 2006
	365.22 – 504.58	U.S. Grains, 2008
	398.86 – 560.65	U.S. Grains, 2008
	493.37 – 629.53	U.S. Grains, 2008
安息角 ($^{\circ}$)	35.94 – 41.60	Bhadra et al., 2009
	26.5 – 34.2	Rosentrater, 2006

DDGS –物理的性質

トウモロコシ由来DDGSの物理的性質

物性	範囲	参照文献
水分含有量 (% db)	4.32 – 8.89	Bhadra et al., 2009
	13.2 – 21.2	Rosentrater, 2006
水分活性 (-)	0.53 – 0.63	Rosentrater, 2006
熱伝導率 (W/(m°C))	0.06 – 0.08	Rosentrater, 2006
熱拡散率 (mm²/s)	0.13 – 0.15	Rosentrater, 2006
色 – L (-)	36.56 – 50.17	Bhadra et al., 2007
	40.0 – 49.8	Rosentrater, 2006
色 – a (-)	5.20 – 10.79	Bhadra et al., 2007
	8.0 – 9.8	Rosentrater, 2006
色 – b (-)	12.53 – 23.36	Bhadra et al., 2007
	18.2 – 23.5	Rosentrater, 2006



燃料DDGS－養殖用飼料への配合

先行研究のレビュー

日本の養殖状況

- 2008年: 日本で生産された養殖用配合飼料は、約50万トン



マダイ (*Pargus major*)



ブリ (*Seriola quinqueradiata*)

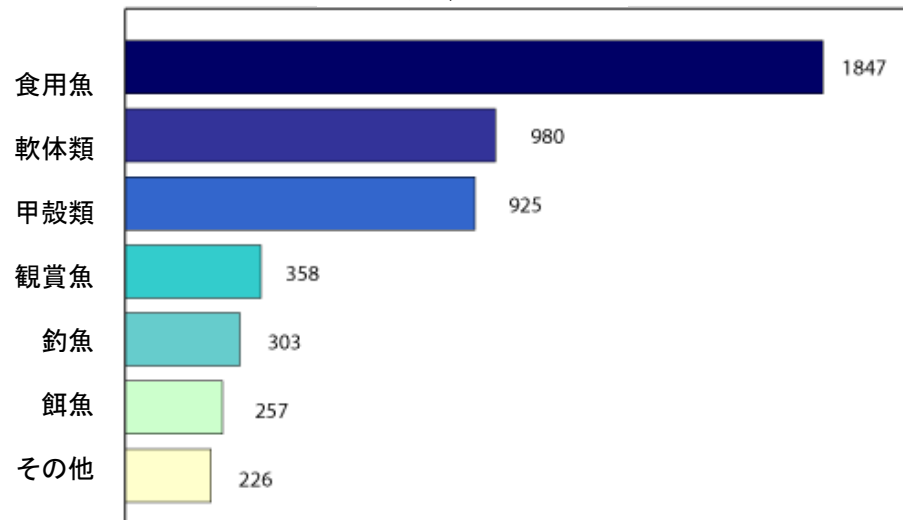
魚種	生産量(トン)
ブリ	232100
タイ	158900
ウナギ	27700
ギンザケ	18200
マス	12600
アユ	9900
コイ	6900
アジ	5100
エビ	2480
他	17700
合計	491580

米国の養殖状況

- 米国の養殖状況

米国の養殖場 魚種別

米国総数 4,309箇所



Source: 2005 Census of Aquaculture, USDA-NASS
Individual category totals do not equal U.S. total since some farms produce multiple products.

2005年養殖場数が最も多い10州

Louisiana	873
Mississippi	403
Florida	359
Alabama	215
Arkansas	211
Washington	194
North Carolina	186
Massachusetts	157
Virginia	147
California	118
All Other States	1,446
Total	4,309

出典: 2005 Census of Aquaculture, USDA-NASS

食用魚: バス、コイ、ナマズ、ツバメコノシロ(threadfin)、パーチ、サケ、チョウザメ、ティラピア、マス

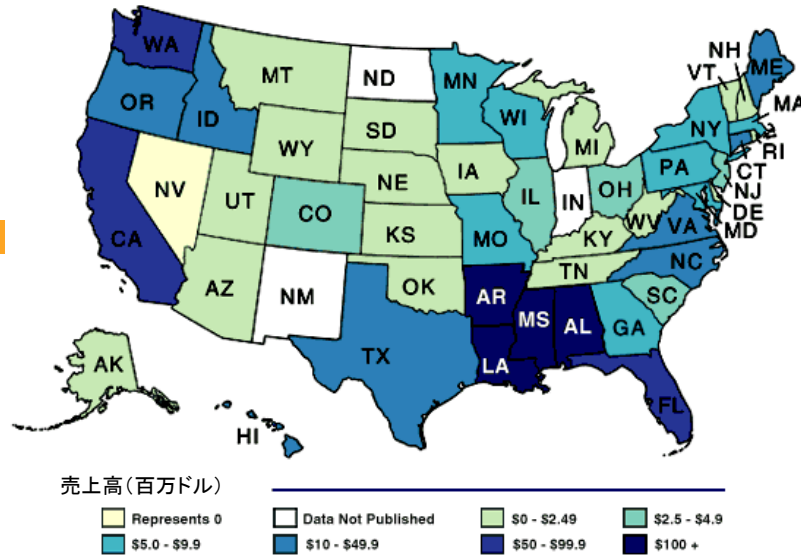
軟体類: アワビ、ハマグリ、イガイ、カキ

米国の養殖状況

• 米国の養殖状況

米国の養殖状況 2005年売上高
米国売上総額10億9千万ドル

Source: 2005 Census of Aquaculture, USDA-NASS



米国の養殖魚数:

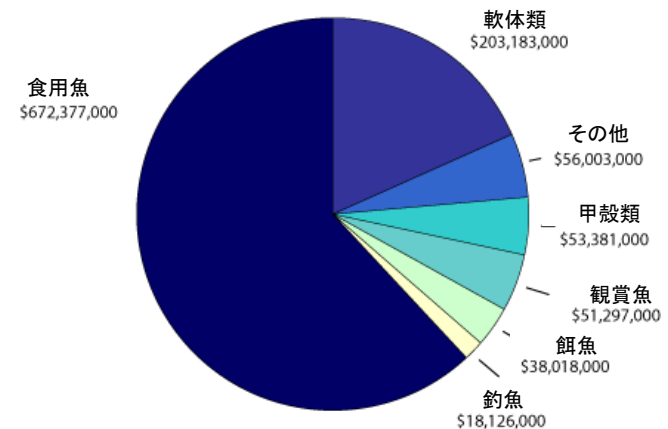
- ブチナマズ – 396,554,000
- ニジマス – 56,355,000
- ティラピア – 13,272,000

2005年養殖生産物
売上高が最も多い10州
合計10.9億ドル

Mississippi	\$249.7 million
Arkansas	\$110.5 million
Alabama	\$102.8 million
Louisiana	\$101.3 million
Washington	\$93.2 million
California	\$69.6 million
Florida	\$57.4 million
Virginia	\$40.9 million
Idaho	\$37.7 million
Texas	\$35.4 million

出典: 2005 Census of Aquaculture, USDA-NASS

養殖水産物2005年品種別売上高
米国合計 – \$1,092,386,000



Source: 2005 Census of Aquaculture, USDA-NASS
Totals may not add due to rounding

DDGS－養殖用飼料への配合

ほとんどの養殖試験では飲料品の蒸留所のDDGSが使用されてきた

魚種	DDGS (%)	参考文献
ティラピア	19 – 29 (蒸留所)	Tudor et al., 1996
	30 (蒸留所)	Coyle et al., 2004
	0 – 49 (蒸留所)	Wu et al., 1996
	0 – 82.23 (蒸留所)	Wu et al., 1997
	100 (蒸留所のソリュブル)	Kohler and Pagan-Font, 1978
	100% (蒸留所)	Tidwell et al., 2000
ナマズ	35 (蒸留所))	Webster et al., 1992
	0 – 30 (蒸留所)	Webster et al., 1993
	0 – 70 (蒸留所)	Webster et al., 1991

魚種	DDGS (%)	参考文献
ニジマス	3.3 – 6.6 (シンステイラージ-小麦)	Thiessen et al., 2003
クルマエビ	40 (蒸留所)	Tidwell et al., 1993
	40 (蒸留所)	Tidwell et al., 1998
	100 (蒸留所)	Coyle et al., 2003
	100 (蒸留所)	Coyle et al., 2004



ナイルティラピア



ブチナマズ



ニジマス



クルマエビ

DDGS－養殖用飼料への配合



アルコール飲料



アルコール飲料品のジスチラズグレイン



燃料アルコール



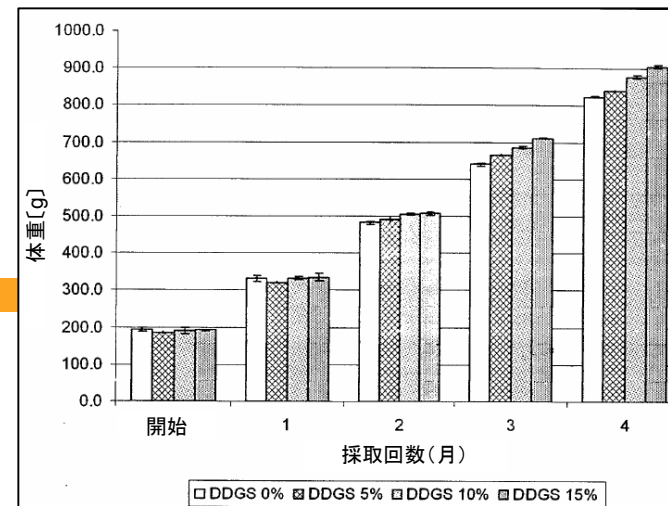
燃料アルコールのジスチラズグレイン

飲料品蒸留所由来のDDGSは燃料エタノールプラントのものとは異なる

燃料DDGS—養殖用飼料への配合

- アメリカ穀物協会(Vy, 2006)
 - レッドティラピア: ベトナム 120 日間
 - DDGS 配合率: 全飼料中、0、5、10、15%

	DDGS 0%	DDGS 5%	DDGS 10%	DDGS 15%
大豆粉 47	58.54	56.58	56.37	57.85
イエローコーン	23.56	28.15	27.13	20.72
米フスマ 10	11.41	3.75	0.00	0.00
魚油	2.89	2.88	2.87	2.87
第一リン酸カルシウム(21)	2.49	2.53	2.51	2.46
ビタミンミックス	0.50	0.50	0.50	0.50
ミネラルミックス	0.25	0.25	0.25	0.25
塩化コリン (60%)	0.20	0.20	0.20	0.20
抗カビ剤	0.10	0.10	0.10	0.10
抗酸化物	0.03	0.03	0.03	0.03
Stay C 35	0.03	0.03	0.03	0.03
DDGS (ジスティラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブル)	0.00	5.00	10.00	15.00
栄養素				
粗タンパク質 (%)	29.87	29.68	30.32	31.77
脂肪 (%)	6.87	6.37	6.23	6.45
繊維 (%)	4.38	3.99	3.96	4.26
カルシウム (%)	0.54	0.54	0.54	0.54
魚由来リン、平均 (%)	0.49	0.50	0.50	0.48
総リン (%)	1.15	1.07	1.04	1.07
リジン (%)	1.75	1.71	1.72	1.79
メチオニン (%)	0.42	0.43	0.44	0.47
メチオニン+シスチン (%)	0.90	0.91	0.95	1.00
トリプトファン (%)	0.38	0.38	0.38	0.40
スレオニン (%)	1.15	1.15	1.18	1.25
マグネシウム (%)	0.27	0.24	0.23	0.24
魚由来 (コイ) 可消化エネルギー (kcal/kg)	2465	2442	2484	2588
魚由来可消化タンパク質 (%)	25.95	25.70	26.15	27.24
魚由来可消化エネルギー/タンパク (%)	95	95	95	95
デンプン (%)	20.28	22.26	20.73	15.83
wn:3計 (%)	0.90	0.90	0.90	0.90
win:6計 (%)	0.52	0.45	0.55	0.80
ビタミンC (ppm)	105	105	105	105



成績	DDGS 0%	DDGS 5%	DDGS 10%	DDGS 15%
魚数	400	400	400	400
平均初期体重(g)	193.5	184.4	190.0	192.5
初期体重合計(kg/cage)	77.6	73.6	76.0	77.2
出荷時ティラピア数	376	381	389	389
出荷時平均体重(g)	824.2 ^a	839.3 ^b	879.4 ^c	907.4 ^d
出荷時生物量合計(kg)	309.8	319.7	342.3	353.2
平均増体重(g)	630.7 ^a	654.9 ^b	689.4 ^c	714.9 ^d
総給餌量(kg)	575.8	575.8	575.8	575.8
飼料効率	2.48 ^a	2.34 ^b	2.16 ^c	2.09 ^d
死亡率(%)	5.9 ^a	4.8 ^b	2.7 ^c	2.8 ^c
生存率(%)	94.1	95.2	97.3	97.2

燃料DDGS－養殖用飼料への配合

- アメリカ穀物協会(2007)
 - ハイブリッドティラピア (*O. aurea* X *O. nilotica*): 台湾、90日間
 - DDGS配合率: 全飼料中、0、10、20、30、40%

原料	DDGS配合率				
	0	10	20	30	40
魚粉	10.00	8.00	6.00	4.00	2.00
DDGS	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00
焙煎大豆粕	42.00	41.50	41.00	40.50	40.00
小麦	45.50	37.89	30.30	22.69	15.10
ビタミンミックス	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ミネラルミックス	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
リジン	0.00	0.10	0.19	0.30	0.39
メチオニン	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Cr203	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
粗タンパク質	28.14	28.11	28.08	28.05	28.02
粗脂肪	12.00	12.72	13.45	14.17	14.89
灰分	5.37	5.20	5.04	4.88	4.72
エネルギー (Kcal)	4118.37	4114.38	4111.15	4107.16	4103.93

DDGS配合率	初期体重(g) 平均±標準偏差	最終体重(g) 平均±標準偏差	増体重(g) 平均±標準偏差	飼料要求率 平均±標準偏差
0	1.35 ± 0.32	7.92 ± 2.52	6.57 ± 2.24 ^a	1.23 ± 0.12 ^a
10	1.33 ± 0.33	8.13 ± 2.68	6.80 ± 2.37 ^a	1.14 ± 0.12 ^a
20	1.17 ± 0.32	6.11 ± 1.62	4.94 ± 1.30 ^{ab}	1.23 ± 0.04 ^a
30	1.13 ± 0.35	4.29 ± 1.73	3.16 ± 1.39 ^b	1.62 ± 0.15 ^b
40	1.11 ± 0.36	3.94 ± 2.16	2.83 ± 1.80 ^b	1.81 ± 0.38 ^b

ティラピア	DDGS配合率				
	0	10	20	30	40
コスト(台湾ドル/Kg飼料)	16.32	15.43	14.53	13.64	12.74
飼料要求率	1.23	1.14	1.23	1.62	1.81
コスト(台湾ドル/Kg)	20.07	17.59	17.87	22.10	23.05

燃料DDGS－養殖用飼料への配合

- Lim et al. (2007)
 - － ナイルティラピア(*Oreochromis niloticus*): 米国、70日間
 - DDGS配合率: 全飼料中、0、10、20、40%

	試験飼料 (%)				
	1	2	3	4	5
メンハーデン魚粉	8	8	8	8	8
大豆粕	54	40	35	24.5	24.5
コーンミール	30	26.7	23.3	16.6	16.6
粗挽き小麦	5	5	5	5	5
ジステラーズ・ドライド・グレイン・ウイズ・ソリュブル	—	10	20	40	40
トウモロコシ油	3.6	2.8	2	0.5	0.5
カルボキシメチルセルロース	3	3	3	3	3
リン酸水素カルシウム	1	1	1	1	1
ビタミンプレミックスb	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
ミネラルプレミックスc	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
リジン HCl	—	—	—	—	0.4
セルロース	3.4	2.5	1.7	0.4	—
ベータグルカン含有量 (g/kg 飼料)	<3.0	<3.0	<3.0	3.4	3.6
一般組成 (%)					
水分	90.55	90.8	91.3	90.96	91.36
タンパク質	30.87	31.58	32.2	33.14	33.73
脂肪	5.46	5.56	5.45	5.48	5.35
灰分	6.84	5.87	6.85	6.8	6.94

飼料	増体重(g)	飼料摂取量 (乾物ベース g)	飼料効率2	飼料効率3	生存率 (%)
1	48.0 ^{ab}	73.23 ^b	0.66 ^a	1.93 ^a	97.5
2	51.1 ^a	81.40 ^a	0.63 ^{ab}	1.82 ^{ab}	93.3
3	48.9 ^{ab}	75.18 ^{ab}	0.65 ^{ab}	1.85 ^{ab}	93.2
4	41.1 ^c	71.50 ^b	0.58 ^b	1.59 ^c	98.2
5	44.7 ^{bc}	71.83 ^b	0.62 ^{ab}	1.70 ^{bc}	96.7
標準偏差	1.2	2.02	0.02	0.06	1.8

1. 数値は4回の試験の平均値である。同一の列の平均値で異なる記号の付されたものは $P < 0.05$ の有意差を表す。
2. 飼料効率2 = 増体重(g) / 乾燥飼料給与量(g)
3. 飼料効率3 = 増体重(g) / 粗タンパク質給与量(g)

燃料DDGS－養殖用飼料への配合

- アメリカ穀物協会(2007年)
 - サバヒー (*Chanos chanos*): 台湾、90日間
 - DDGS配合率: 全飼料中、0、10、20、30、40%

原料	DDGS配合レベル				
	0	10	20	30	40
魚粉	10.00	8.00	6.00	5.00	3.00
DDGS	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00
焙煎大豆粕	17.00	12.00	7.00	3.00	0.00
脱脂大豆粕	25.00	28.00	30.00	30.00	30.00
小麦	45.00	38.90	33.78	28.68	23.58
油	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ビタミン mix ¹	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ミネラルmix ²	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
リジン	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40
メチオニン	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
粗タンパク質	28.03	27.96	28.07	28.00	28.03
粗脂肪	5.98	5.98	5.98	5.98	6.17
灰分	5.21	5.01	4.84	4.64	4.45
エネルギー(Kcal)	3872.16	3848.23	3823.22	3798.89	3784.30

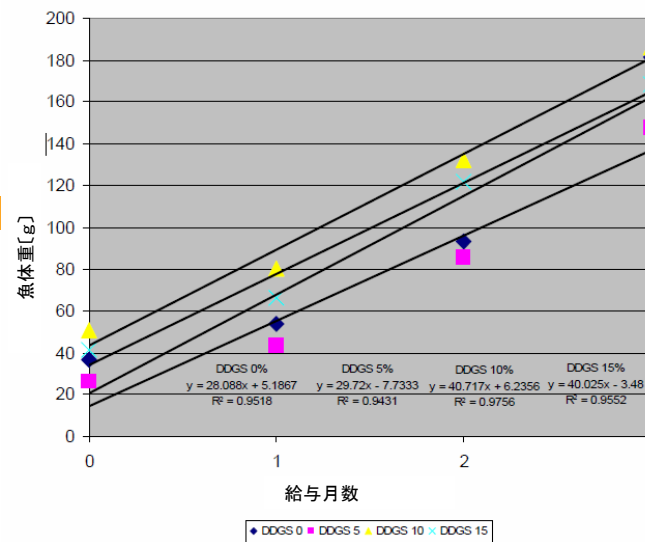
DDGS配合率	初期体重(g) 平均±標準偏差	最終体重(g) 平均±標準偏差	増体重(g) 平均±標準偏差	飼料要求率 平均±標準偏差
0	17.63 ± 0.46	89.20 ± 13.42	71.57 ± 13.34	2.64 ± 0.49
10	17.62 ± 0.06	95.50 ± 1.55	77.88 ± 1.50	2.29 ± 0.06
20	17.89 ± 0.53	93.23 ± 2.92	75.34 ± 2.42	2.36 ± 0.11
30	17.83 ± 0.29	100.38 ± 7.31	82.55 ± 7.57	2.23 ± 0.07
40	17.66 ± 0.30	91.31 ± 1.99	73.65 ± 1.81	2.39 ± 0.03

サバヒー	DDGS配合率				
	0	10	20	30	40
コスト(台湾ドル/Kg飼料)	15.79	14.72	13.65	12.84	11.83
飼料要求率	2.64	2.29	2.36	2.23	2.39
コスト(台湾/Kg)	41.67	33.70	32.22	28.63	28.28

燃料DDGS—養殖用飼料への配合

- アメリカ穀物協会 (Hung, 2007)
 - コイ (*Cyprinus carpio*): ベトナム、90日間
 - DDGS配合率: 全飼料中、0、5、10、15%

原料	DDGS 0%	DDGS 5%	DDGS 10%	DDGS 15%
大豆粕 (%)	44.50	46.42	41.71	40.12
キャッサバ (%)	20.00	20.00	20.00	20.00
米フスマ (%)	15.00	15.00	13.40	10.00
魚粉 (%)	5.00	5.00	5.00	5.00
肉骨粉 (%)	5.00	2.12	5.00	5.00
小麦フスマ	4.60	1.10	-	-
DDGS (%)	-	5.00	10.0	15.00
魚油 (%)	2.90	2.89	2.89	2.88
コーン・グルテン・ミール (%)	1.00	-	-	-
第一リン酸カルシウム (%)	1.00	1.47	1.00	1.00
魚用ビタミン・ミネラル・ミックス	0.50	0.50	0.50	0.50
レチシン (%)	0.50	0.50	0.50	0.50
合計	100.000	100.000	100.000	100.000
栄養素				
可消化エネルギー (Mcal/kg)	2.90	2.87	2.90	2.92
タンパク質 (%)	29.1	28.7	29.0	29.1
脂肪 (%)	8.0	8.0	8.4	8.3
粗繊維 (%)	4.9	5.0	4.9	4.9
灰分 (%)	8.1	8.0	8.2	8.0
総リン (%)	1.18	1.17	1.17	1.15
リジン (%)	1.67	1.67	1.64	1.62
メチオニン (%)	0.43	0.43	0.44	0.45
メチオニン+リジン (%)	0.87	0.87	0.89	0.92
3脂肪酸 (%)	1.0	1.0	1.0	1.0
6脂肪酸 (%)	0.7	0.9	1.1	1.2



成績	DDGS 0%	DDGS 5%	DDGS 10%	DDGS 15%
魚数 (1cage あたり)	1200	1200	1200	1200
平均初期体重 (g)	36.9	26.2	50.7	41.6
2ヵ月後体重 (g)	54.0	43.3	80.2	66.6
3ヵ月後体重 (g)	93.1	85.6	132.1	121.6
4ヵ月後体重 (g)	181.5	147.8	186.0	168.6
斃死数 (1cageあたり)	8.2	6.6	7.4	8.2
生存率 (%)	99.3	99.5	99.4	99.3

燃料DDGS—養殖用飼料への配合

- Cheng and Hardy (2004)
 - ニジマス (*Oncorhynchus mykiss*): 米国、42日間
 - DDGS配合率: 全飼料中、0、7.5、15.0、22.5%
 - DDGS配合率: 全飼料中、0、7.5、15.0、22.5% (リジンおよびメチオニンを補給)

原料1	飼料						
	1	2	3	4	5	6	7
ニシン粕	30.0	22.5	15.0	7.5	22.5	15.0	7.5
ジスチラーズ・ドライド・グレイン ・ウィズ・ソリュブル	0.0	7.5	15.0	22.5	7.5	15.0	22.5
魚油、ニシン	17.6	17.7	17.8	17.9	17.7	17.8	18.1
全粒小麦	18.1	12.7	7.3	1.9	13.15	7.91	2.51
大豆粕、48%	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
コーン・グルテン・ミール(白)	16.9	22.2	27.5	32.8	21.2	25.8	30.36
L-リジン-HCl、98.5%、飼料グレード	0.0	0.0	0.0	0.0	0.41	0.82	1.23
DL-メチオニン	0.0	0.0	0.0	0.0	0.14	0.27	0.40
ビタミンC (Stay-C)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
塩化コリン	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
微量ミネラルプレミックス ²	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ビタミンプレミックス ³	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
成分分析(%、現状のまま、n=2件の試料)							
水分	6.0	5.8	5.8	6.3	6.2	6.4	6.9
粗タンパク質	43.4	43.7	43.8	43.7	43.9	44.2	43.5
粗脂肪	19.4	19.9	18.9	17.1	19.3	18.5	18.8
灰分	8.6	6.8	6.2	4.9	6.9	5.7	4.7
リン	0.9	0.8	0.7	0.6	0.8	0.7	0.6

項目	飼料			
	1	2	3	4
開始体重(g)	49.9±0.5a	49.9±0.8a	49.9±0.2a	49.9±0.3a
最終体重(g)	98.8±1.8a	93.8±2.8ab	96.4±0.9ab	92.8±1.3b
増体重(g)	48.9±1.9a	43.9±2.4ab	46.5±0.6ab	42.9±1.3b
飼料要求率 (飼料/増体重g)	1.21±0.04a	1.35±0.06b	1.25±0.02a	1.34±0.02b

項目	5	6	7
開始体重(g)	49.8±0.6a	49.8±0.7a	49.8±0.5a
最終体重(g)	101.1±2.6a	104.1±3.9a	96.2±2.1ab
増体重(g)	51.3±2.0a	54.3±4.6a	46.4±1.7ab
飼料要求率 (飼料/増体重g)	1.20±0.05a	1.11±0.09a	1.29±0.04ab

A decorative graphic consisting of a vertical orange line and a horizontal orange line intersecting at the center of the slide.

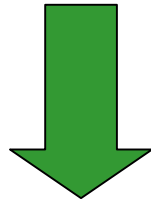
DDGS配合養殖用飼料

USDA研究レビュー

DDGS配合養殖用飼料

1) 加工法の研究

- DDGSの使用可能量は？
- 粘性飼料、安定飼料、浮遊飼料が必要



2) 給与試験

- 養殖魚のDDGS摂取可能量は？
- 最適な成長を得るための配合率は？

試験に使用したものは全て燃料生産によるDDGSである

DDGS配合養殖用飼料

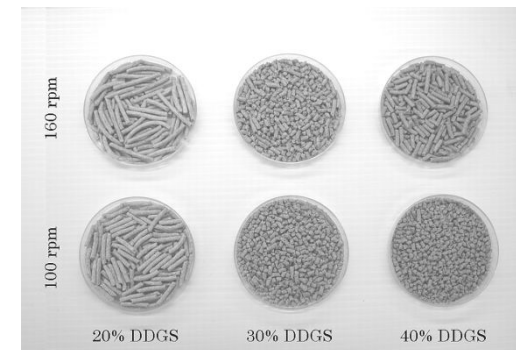
・ ナイルティラピア

試験飼料の組成 (乾物ベース%)

原料	飼料			対照
	1	2	3	
DDGS	20	30	40	0
大豆粕	33	29	25	
トウモロコシ粉 ^b	35	29	23	
メンハーデン魚粉	5	5	5	
タラ肝油	2	2	2	
大豆油	2	2	2	
ビタミンミックス ^c	1	1	1	
ミネラルミックス ^d	2	2	2	
一般組成	(%) db			
粗タンパク質	28.5	30.0	30.4	36.7
粗脂肪	8.12	8.79	10.5	5.90
粗繊維	3.72	3.65	4.45	3.21
灰分	7.59	7.28	7.30	8.52

42日間の増体重(WG)、飼料要求率(FCR)、タンパク質効率(PER)、見かけ消化率(APD)

DDGS (%)	WG (%)	FCR	PER
20	66.5 (20.5) a	2.88 (0.79) a	1.31 (0.32)
30	48.6 (15.8) b	3.83 (1.08) b	0.99 (0.27)
40	49.7 (10.2) b	3.58 (0.87) b	1.04 (0.23)
対照	73.8 (16.3) a	2.53 (0.50) a	1.16 (0.21)



出典 Shaeffer et al., 2010a

DDGS配合養殖用飼料

・ ナイルティラピア

試験飼料の組成（乾物ベース％）

原料	飼料					対照
	1	2	3	4	5	
DDGS	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	0
大豆粕	59.0	57.7	56.5	55.2	54.0	52.7
トウモロコシ	10.7	9.5	8.2	7.0	5.7	24.5
メンハーデン魚粉	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	15.0
乳清	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
大豆油	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
ビタミンミックス	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
アスコルビン酸	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
一般組成	(%、乾物比)					
粗タンパク質	40.1	39.9	39.9	37.8	38.0	39.8
粗脂肪	4.87	5.48	5.77	5.15	5.57	3.36
粗繊維	9.7	11.6	11.0	12.9	13.2	12.9
灰分	7.50	6.60	6.45	6.45	6.50	6.55

50日間の増体重(WG)、飼料要求率(FCR)、タンパク質効率(PER)、見かけ消化率(APD)

DDGS (%)	WG (%)	FCR	PER
17.5	80.8 (5.8) a	2.68 (0.11) ab	0.93 (0.04) ab
20	91.2 (12.5) a	3.18 (<0.01) b	0.79 (<0.01) b
22.5	74.4 (5.0) a	3.21 (0.13) b	0.78 (0.03) b
25	75.4 (12.5) a	2.99 (0.16) b	0.89 (0.05) b
27.5	82.2 (2.9) a	4.99 (0.28) c	0.53 (0.03) c
0 対照	128.2 (6.6) b	2.39 (0.27) a	1.09 (0.10) a



出典 Shaeffer et al., 2010b

DDGS配合養殖用飼料

・ イエローパーチ

試験飼料の組成 (乾物ベース%)

原料	飼料					
	1	2	3	4	5	6
DDGS	0	10	20	30	40	50
大豆粕	31.5	26	20.5	15	9.5	4
セルロース	17	13.6	10.2	6.8	3.4	0
メンハーデン魚粉	24	24	24	24	24	24
CMセルロース	5	5	5	5	5	5
メンハーデン油	6	6	6	6	6	6
大豆油	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0
ビタミンミックス	3	3	3	3	3	3
ミネラルミックス	8	8	8	8	8	8
一般組成 (%)						
粗タンパク質	29.5	29.6	30.4	30.4	30.2	30.3
粗脂肪	16.0	16.6	16.4	16.4	16.7	18.1

126日間の増体重(WG)、飼料要求率(FCR)、タンパク質効率(PER)、
見かけ消化率(APD)

DDGS (%)	WG (%)	FCR	PER	APD (%)
0	170 (6) bc	3.28 (0.06) a	31.1 (0.4) a	49.4 (2.8) a
10	167 (5) cd	3.37 (0.10) a	30.0 (0.9) a	47.6 (2.2) a
20	181 (11) ac	3.25 (0.23) a	33.3 (3.0) a	51.3 (5.1) a
30	196 (16) ab	2.94 (0.15) a	34.7 (1.8) a	46.2 (2.7) a
40	198 (7) a	2.85 (0.14) a	36.0 (1.8) a	55.5 (4.0) a
50	140 (2) d	3.16 (0.17) a	30.7 (1.3) a	69.6 (3.7) b



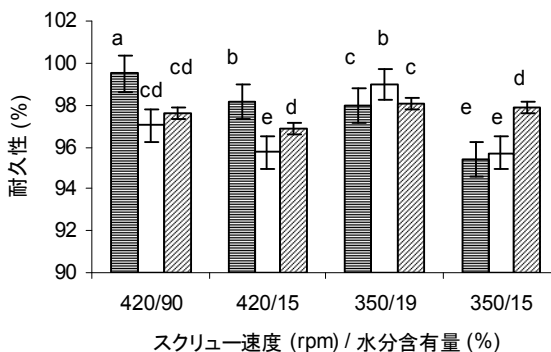
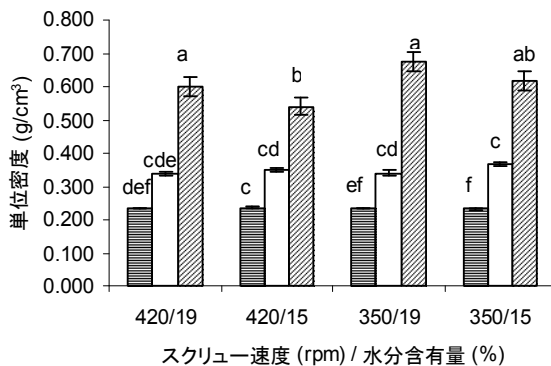
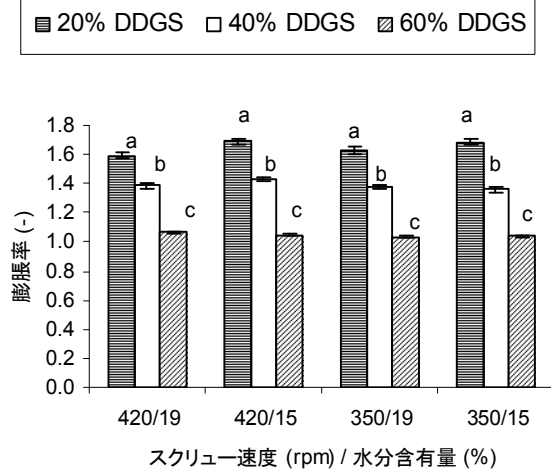
出典 Shaeffer et al., 2010c

押出成形加工 (Extrusion Processing) ナイルティラピア

- 量産規模の押出成形加工
 - Wenger TX-52 二軸押出成形機
 - 直径52-mmのスクリー
 - バレル長さ対直径比 25.5:1
 - 金型開き3.175 mm
 - 使用条件
 - DDGS配合率: 20、40、60%
 - 給与試験と同様の原料
 - 等価カロリー目標値: 360 kcal/100 g
 - タンパク質目標値: 29 ~ 30%
 - 水分含有量: 15、19% (湿量ベース)
 - スクリュー速度: 350、420 rpm



押出成形加工 ナイルティラピア



膨脹率: 1.05 ~ 1.8

- DDGSの配合率が増加すると有意な影響があった— DDGSが増加すると膨脹率は減少した
- 水分含有量とスクリー速度は有意な影響を及ぼさなかった
- 全押出成形体の浮遊時間は24時間を超えた

単位密度: 0.2 ~ 0.7

- DDGS 20%配合で単位密度が最低となった
- 水分含有量が増えスクリー速度が低下すると単位密度は有意に低下した

ペレットの耐久性: すべて95%を超える

- DDGSの配合レベルと水分含有量の変化は 有意な影響を及ぼした
- スクリー速度は有意な影響を及ぼさなかった

DDGS配合率最大60%まで浮遊飼料の作製が可能

最適押出形成加工 ナイルティラピア

飼料#1 (独自の給与試験に基づく)		%
原料		(飼料中)
ドライ	DDGS	20
	溶剤抽出大豆粕	44.2
	トウモロコシ粉	25
	メンハーデン魚粉	8
	ビタミンミックス	0.6
	ミネラルミックス	0.2
油分	大豆	2
計		100

飼料#2 (USGC試験に基づく)		%
原料		(飼料中)
ドライ	DDGS	15
	溶剤抽出大豆粕	58
	トウモロコシ粉	21
	リン酸第一カルシウム	2.4
	ビタミンミックス	0.5
	ミネラルミックス	0.25
油分	大豆	2.85
計		100



押出成形加工データ	範囲
金型サイズ (mm)	3.175
Probator投入量 (kg/h)	15
調整シリンダ圧力 (PSI)	25 - 45
調整シリンダ蒸気 (kg/min)	0.22
押出成形機入口温度 (C)	96 - 98
押出成形機シャフト速度 (RPM)	360 - 475
押出成形機水分添加 (kg/h)	0.07 - 0.12
押出成形機モーター負荷 (%)	15 - 20
温度ヘッド2ゾーン1	44 - 49
温度ヘッド3	26 - 49
温度ヘッド4ゾーン2	35 - 41
温度ヘッド5ゾーン3	25 - 46
温度ヘッド6ゾーン4	25 - 60
温度ヘッド7ゾーン5	71 - 80
温度ヘッド8	73 - 82

Vy, L. H., 2006. Feeding trial of DDGS for tilapia fish.
U.S. Grains Council, South East Asia.

成形体はすべて高品質であった

- ペレット耐久指標は 88%超
- 24時間を超えて浮遊



DDGS配合養殖用飼料

飼料の加工

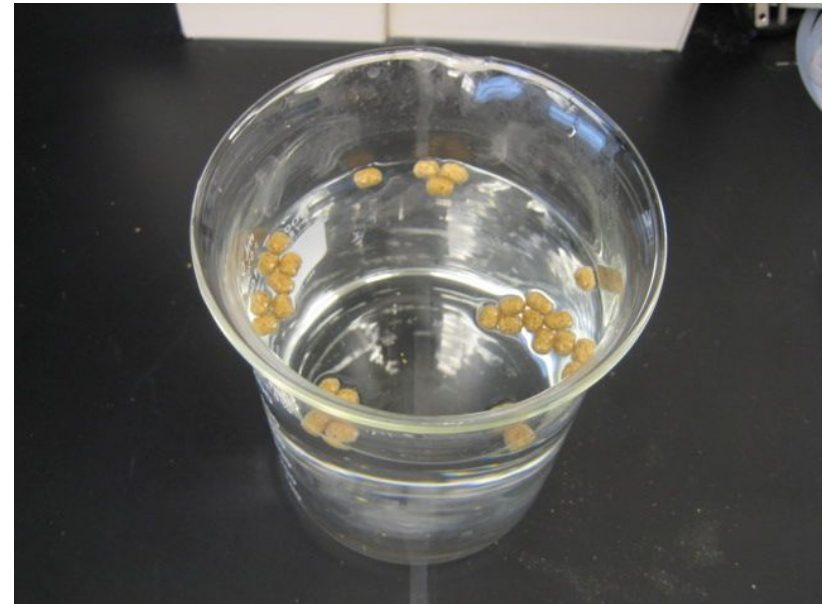
DDGS配合養殖用飼料

- 高タンパク / 高繊維飼料



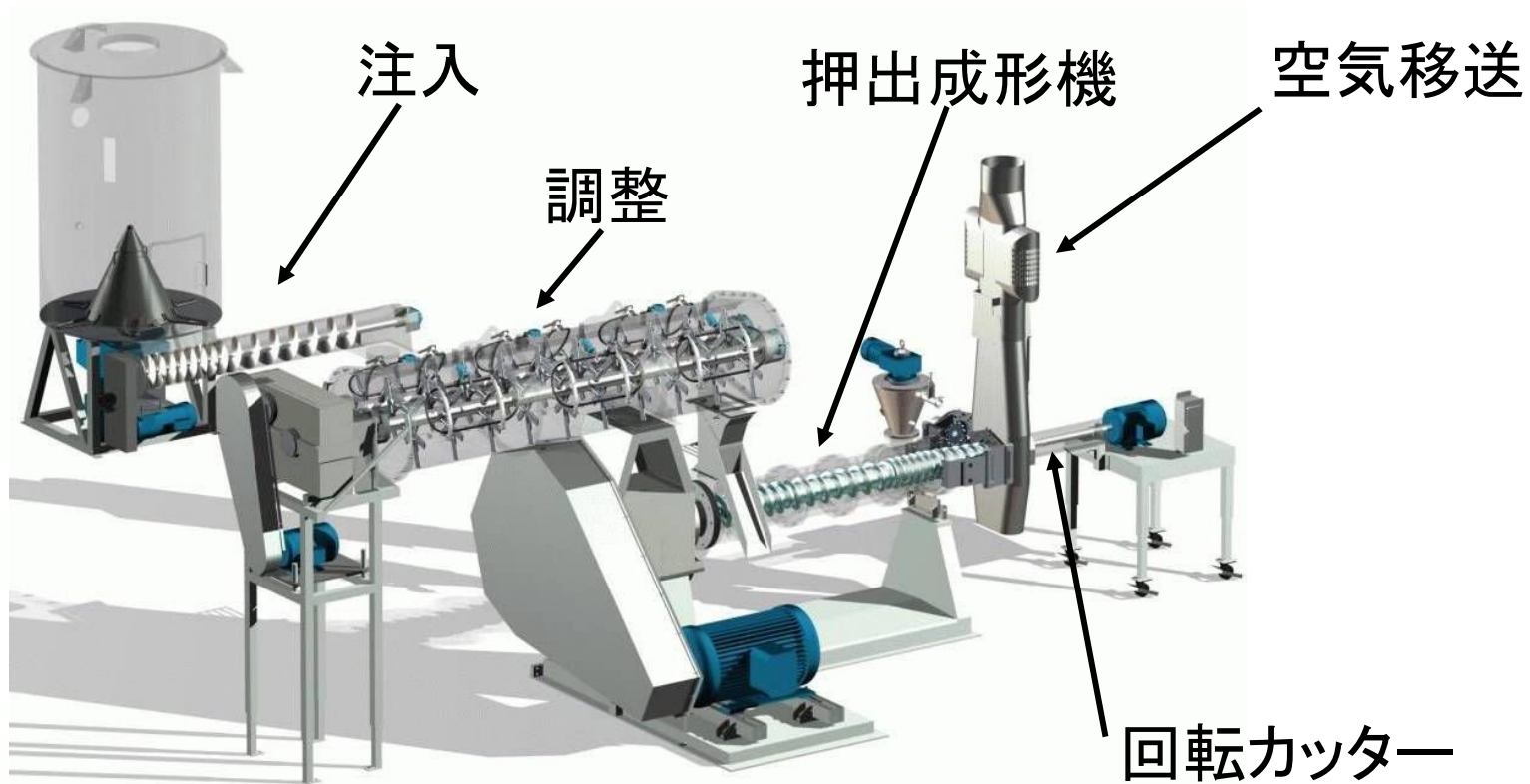
ペレットミル加工

VS.

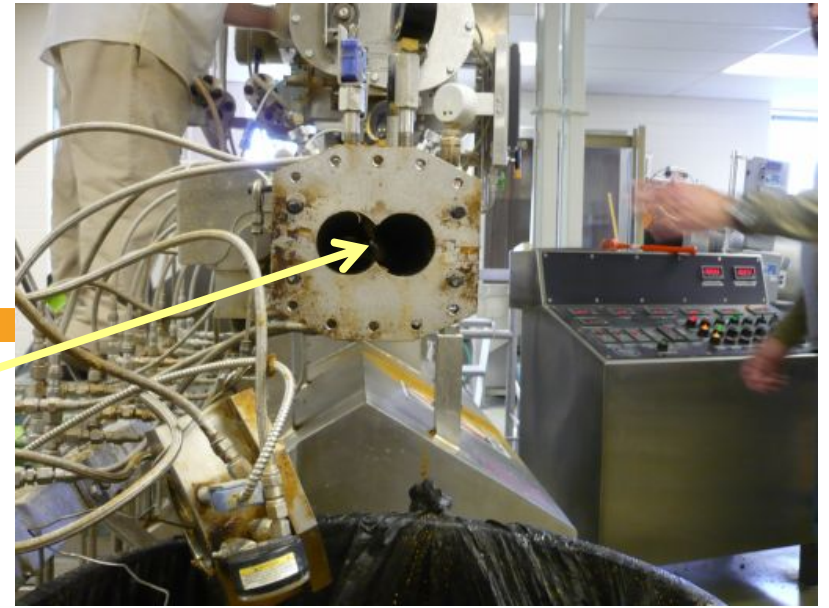


押出成形加工

押出成形加工

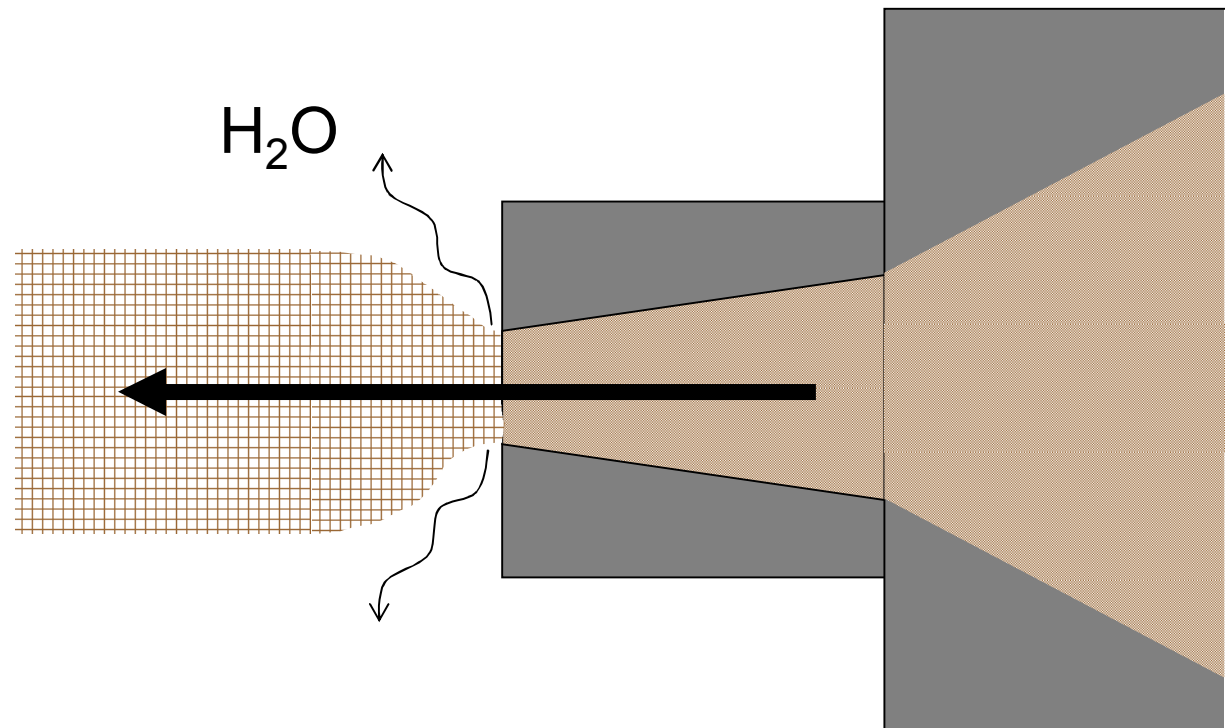






押出成形加工

- 押出成形加工のメリット
 - 混合／混練
 - 摩擦による加熱
 - 蒸気／水分添加
 - スクリューの構成は多種
 - 圧縮ではなく膨脹

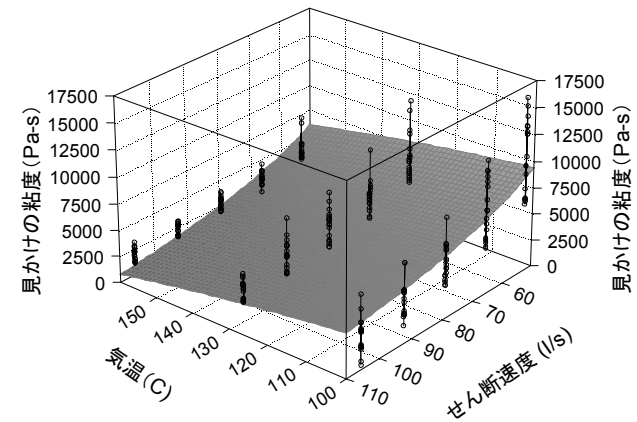
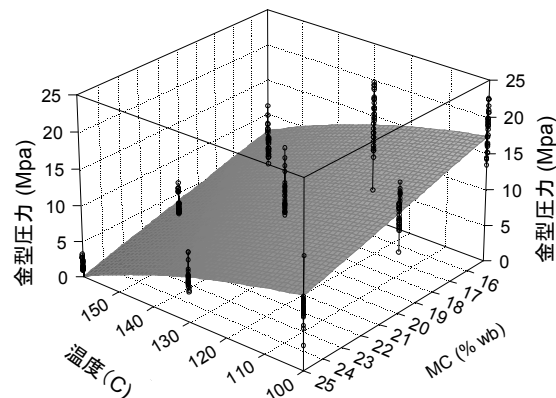
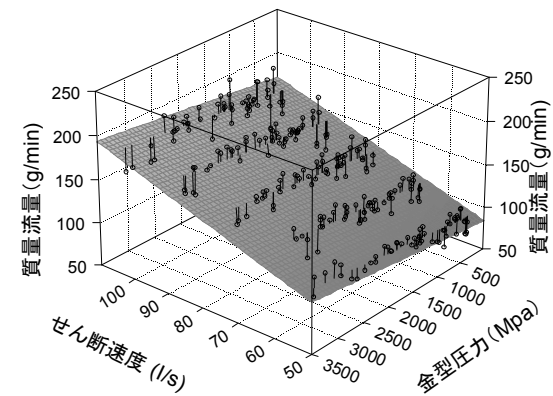
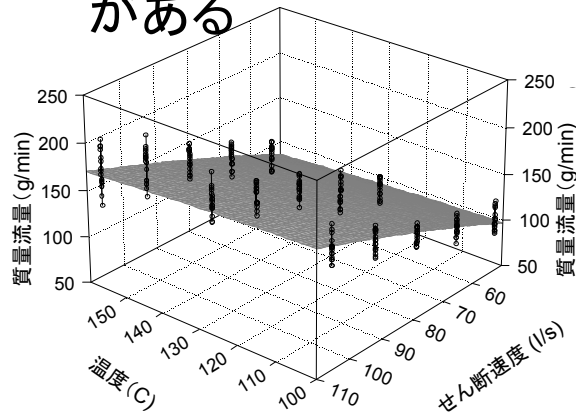


押出成形加工

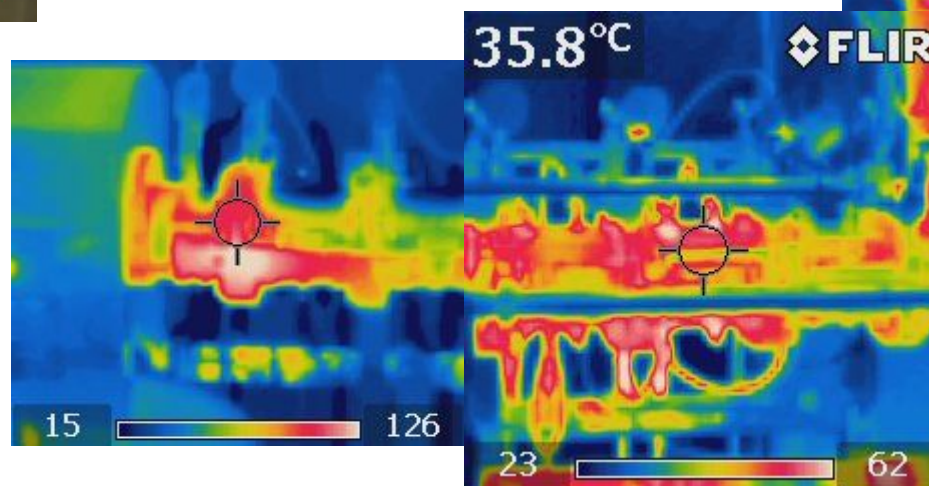
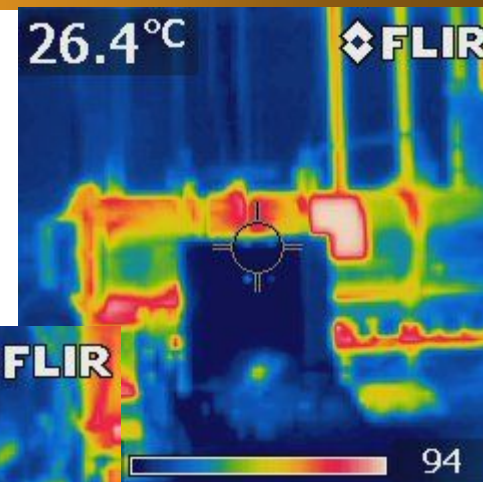
- 課題
 - 高繊維、高タンパク、低デンプン（グルー状）
 - 膨脹、浮遊性、凝縮性が限定的
 - 最終製品の特性に影響を与える要因
 - 使用した加工条件
 - 温度、スクリュース速度、スクリュース構成、金型開き、水分／蒸気添加量
 - 使用した原料
 - 粒径、組成、水分含有量
- 飼料製品に望まれる特性
 - 浮遊性、水中安定性、耐久性
- 最適なDDGS配合飼料は???
- それを達成する方法は???

押出成形加工

- 原料 + 加工条件 + 製品の品質
 - すべてが関連する要因である - 繰り返し最適な条件を見つける必要がある



押出成形加工



A decorative orange crosshair consisting of a vertical line and a horizontal line intersecting in the center of the slide.

DDGS配合養殖用飼料

高タンパクDDGS

高タンパクDDGS

製造者	製品	分画の種類	粗タンパク質	粗脂肪	粗繊維	1日平均 飼料 摂取量	中性 デタージェント 繊維	灰分	備考
Poet	Dakota Gold BPX DDGS	分画なし	28.2	10.8	7.1	10.0	26.1	4.8	Dakota Gold, 2009a
	Dakota Bran	前発酵	14.0	8.9	7.0	8.0	38.1	5.5	Dakota Gold, 2009b
	Dakota Germ - Corn Germ Dehydrated	前発酵	15.8	17.1	6.2	8.2	23.4	5.9	Dakota Gold, 2009c
	Dakota Gold HP DDG	前発酵	41.0	4.0	8.1	13.0	24.0	2.1	Dakota Gold, 2009d
FWS Technologies	Enhanced DDGS	前発酵	35.0-37.0	6.5			21.0	3.8	FWS, 2009
Renessen	Enhanced DDG(S)	前／後発酵	35.0-50.0	2.5-4.0		7.0-11.0	15.0-25.0		Stern, 2007
Solaris	Energia	前／後発酵	30.0	2.5	8.2			2.5	Lohrmann, 2006
	Glutenol	後発酵	45.0	3.3	3.8	9.23	15.3	4.0	Lohrmann, 2006
	Neutra-Fiber	前発酵	6.8	1.5	17.1			0.6	Lohrmann, 2006
	NeutraGerm	前発酵	17.5	45.0	6.0			1.9	Lohrmann, 2006
	ProBran	前／後発酵	9.5	2.0	16.6			1.0	Lohrmann, 2006

高タンパクDDGS

Dakota Gold® HP™

ジスチラーズ・ドライド・グレイン

乾物

タンパク質、脂肪、エネルギー、繊維		アミノ酸 %		ミネラル	
成分	値	成分	値	成分	値
乾物%	2.1	アラニン	4.00	カルシウム%	.002
粗タンパク質%	42	アルギニン	1.78	リン%	.046
粗脂肪%	4.1	アスパラギン酸	2.63	ナトリウム%	0.16
粗繊維%	8.3	シスチン	.110	カリウム%	.046
代謝エネルギー、豚Kcal/lb3	142	グルタミン酸	.780	マグネシウム%	.012
代謝エネルギー、家禽Kcal/lb3	128	グリシン	.135	硫黄%	.083
正味エネルギーL、Mcal/cwt3	103	ヒスチジン	.131	銅ppm	6
正味エネルギーM、Mcal/cwt3	100	ヒドロキシプロリン	0.00	鉄ppm	60
正味エネルギーG、Mcal/cwt3	68	イソロイシン	1.56	マンガンppm	6
1日平均飼料摂取量	2.7	ロイシン	5.49	亜鉛ppm	..101
中性デタージェント繊維	4.5	リジン	.126		
灰分	2.2	メチオニン	.083		
		フェニルアラニン	.237		
		プロリン	3.86		
		セリン	2.20		
		スレオニン	.168		
		トリプトファン	0.31		
		チロシン	2.08		
		バリン	2.06		

1 All Values: Dry Matter Basis

2 Average of over 34 new crop 2008–2009 samples sent to Midwest Laboratories, Omaha, Nebraska.

3 All energy values determined experimentally assume following values for corn: NE_L = 91; NE_M = 98; NE_G = 65; ME – S = 1750; ME – P = 1770.

January 2010



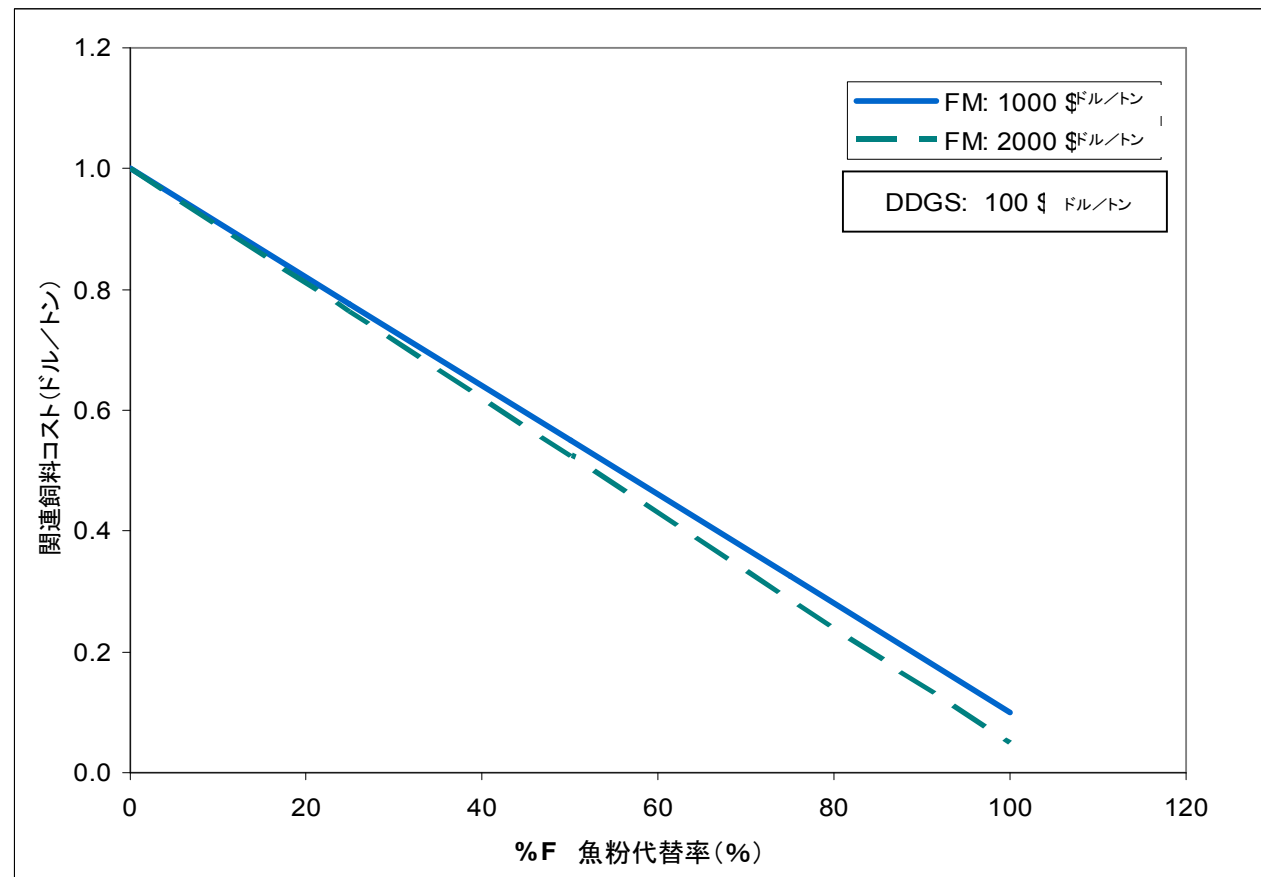
1.888.327.8799 • 605.332.2200
(fax) 605.332.2266
www.dakotagold.com

高タンパクDDGS

- 給与試験
 - 現在発表されている試験はなし
- 供給業者
 - POET Nutrition / Dakota Gold HP DDG
 - www.dakotagold.com

結論

- DDGS
 - 価格は魚粉の1/10 ~ 1/20

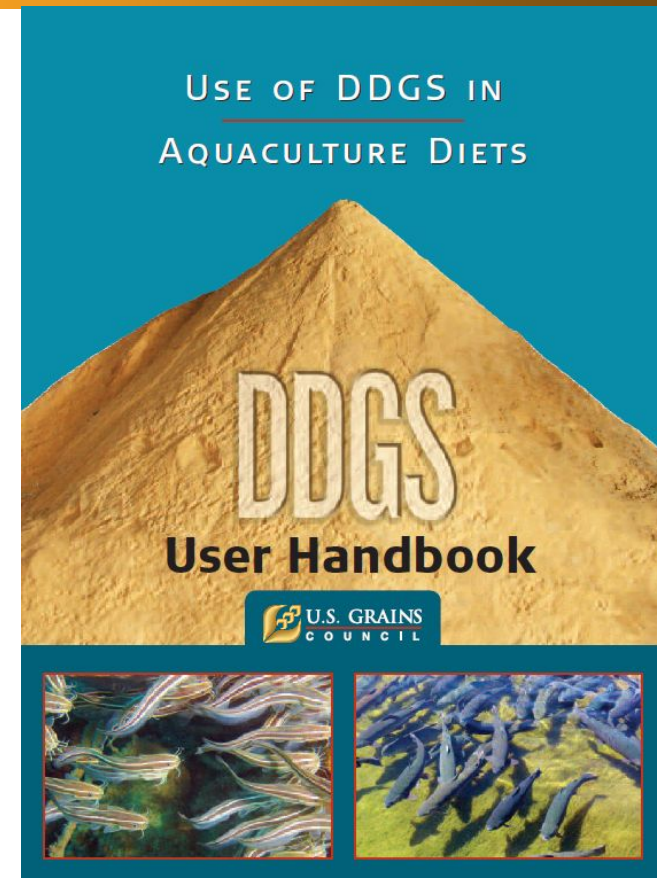


結論

表2: DDGS最大限配合率
魚種別最新改正推奨値

種類	DDGS配合率	備考
ナマズ	30%以下	
マス	15%以下	合成リジン・メチオニンの補給なし
マス	22.5%以下	合成リジン・メチオニンの補給あり
サケ	10%以下	
淡水エビ	40%以下	飼料中の魚粉の一部・全部を代替できる
エビ	10%以下	研究例はないが、淡水エビの試験結果から、最小限、10%はDDGSの配合が可能であろう
ティラピア	35%以下	合成リジンを高タンパク質飼料（40%粗タンパク質）に補給しない
ティラピア	82%以下	合成リジン・トリプトファンを低タンパク質飼料（28%粗タンパク質）に補給する

<http://www.grains.org/ddgs-information/217-ddgs-user-handbook>



DDGSについての詳細は 下記へ

- 詳しい情報は
 - <http://www.grains.org/>
- DDGSの情報は
 - <http://www.grains.org/ddgs-information>
- DDGSの供給業者の情報は
 - <http://www.grains.org/buying-us-grains-a-ddgs/688>

DDGS配合養殖用飼料についての 文献

- Cheng, Z. J. and R. W. Hardy. 2004. Nutritional value of diets containing distiller's dried grain with solubles for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Applied Aquaculture* 15(3/4): 101-113.
- Hung, L. K. 2007. Feeding trial of DDGS for common carp. U.S. Grains Council South East Asia. Activity No. M06GX64322. www.grains.org.
- Lim, C., J. C. Garcia, M. Yildirim-Aksoy, P. H. Klesius, C. A. Shoemaker, and J. J. Evans. 2007. *Journal of the World Aquaculture Society* 38(2): 231-237.
- Schaeffer, T., M. L. Brown, and K. A. Rosentrater. 2010a. Performance characteristics of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing graded levels of fuel-based distillers dried grains with solubles. *Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition* (accepted, in press).
- Schaeffer, T. M. L. Brown, and K. A. Rosentrater. 2010b. Utilization of diets containing graded levels of ethanol production co-products by Nile tilapia. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* (accepted, in press).
- Schaeffer, T., M. L. Brown, and K. A. Rosentrater. 2010c. Use of Diets Containing Graded Levels of Distillers Dried Grains with Solubles and Soybean Meal by Yellow Perch and Extruded Diet Characteristics. *North American Journal of Aquaculture*. (in review).
- U.S. Grains Council. 2006. Use of DDGS in aquaculture diets. *DDGS User Handbook*. U.S. Grains Council. www.grains.org.
- U.S. Grains Council. 2007. The evaluation of dietary DDGS levels for milkfish (*Chanos chanos*) and hybrid tilapia (*O. aurea* X *O. nilotica*). www.grains.org.
- Vy, L. H. 2006. Feeding trial of DDGS for tilapia fish. U.S. Grains Council South East Asia. Activity No. M05GX54318. www.grains.org.

DDGS押出形成についての文献

- Kannadhasan, S., K. Muthukumarappan, and K. A. Rosentrater. 2009. Effects of ingredients and extrusion parameters on aquafeeds containing DDGS and tapioca starch. *Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition* 1(1): 6-21.
- Rosentrater, K. A., K. Muthukumarappan, and S. Kannadhasan. 2009. Effects of ingredients and extrusion parameters on aquafeeds containing DDGS and potato starch. *Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition* 1(1): 22-38.
- Rosentrater, K. A., K. Muthukumarappan, and S. Kannadhasan. 2009. Effects of ingredients and extrusion parameters on aquafeeds containing DDGS and corn starch. *Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition* (accepted, in press).
- Kannadhasan, S., K. Muthukumarappan, and K. A. Rosentrater. 2008. Effect of starch sources and protein content on extruded aquaculture feed containing DDGS. *Food and Bioprocess Technology* (accepted, in press).
- Kannadhasan, S., K. A. Rosentrater, and K. Muthukumarappan. 2008. Twin screw extrusion of DDGS-based aquaculture feeds. *Journal of the World Aquaculture Society* (accepted, in press).

DDGS押出形成についての 文献

- Chevanan, N., K. A. Rosentrater, and K. Muthukumarappan. 2008. Effect of DDGS, moisture content, and screw speed on the physical properties of extrudates in single screw extrusion. *Cereal Chemistry* 85(2): 132-139.
- Chevanan, N., K. Muthukumarappan, and K. A. Rosentrater. 2008. Extrusion studies of aquaculture feed using distillers dried grains with solubles and whey. *Food and Bioprocess Technology* 2: 177-185.
- Chevanan, N., K. A. Rosentrater, and K. Muthukumarappan. 2008. Effects of processing conditions on single screw extrusion of feed ingredients containing DDGS. *Food and Bioprocess Technology* (accepted, in press).
- Chevanan, N., K. Muthukumarappan, and K. A. Rosentrater. 2007. Effect of die dimensions on extrusion processing parameters and properties of DDGS based extrudates. *Cereal Chemistry* 84(4): 389-398.
- Chevanan, N., K. Muthukumarappan, and K. A. Rosentrater. 2007. Neural network and regression modeling of extrusion processing parameters and properties of extrudates containing DDGS. *Transactions of the ASABE* 50(5): 1765-1778.
- Chevanan, N., K. A. Rosentrater, and K. Muthukumarappan. 2007. Twin screw extrusion processing of feed blends containing distillers dried grains with solubles. *Cereal Chemistry* 84(5): 428-436.

養殖用飼料のタンパク質源として DDGSを使用する

- ありがとうございました
 - ご質問は?
 - ご意見は?
- カート A. ローゼントレイター

米国農務省農業研究局

サウスダコタ州、ブルッキングス 北中央地域農業研究所

バイオプロセス工学首席研究者

(605) 693-5248

kurt.rosentrater@ars.usda.gov



まとめ

エタノール産業が拡大を続けていることから、その併産物、特にジスチラーズ・ドライド・グレイン・ウイズ・ソリュブル (DDGS) の入手が容易になってきた。DDGSは、養殖用飼料の実用的な代替タンパク源となる可能性がある。ただし、そのためには、DDGSだけで飼料すべてを賄うのではなく、DDGSをバランスの取れた飼料の一要素として取り入れなくてはならない。そこで、このプレゼンテーションでは、DDGSをタンパク源として使用した、養殖用飼料の押出成形の研究について説明する。DDGSを他の飼料原料と合わせて加工することで、付加価値がもたらされ、このエタノール製造併産物の利用をさらに進めることが可能になる。