<総 説>

家禽に対するナタネ粕給与の問題点と解決策

松 本 達 郎

東北大学農学部畜産科、仙台市

大豆粕をはじめ油粕類はいずれもタンパク質含量が高く、その多くが配合飼料の原料として利用されている。ナタネ粕は、欧米の諸国では専ら飼料として利用されているようであるが、わが国では主として肥料に使われていて、飼料化の程度は他の植物性油粕に比べてかなり低い。

ナタネ粕は大豆粕に比べると、粗繊維含量が高く、エネルギー含量が低く、タンパク質の消化率も幾分劣る欠点はあるが、一般成分からみる限りでは、立派にタンパク質飼料として利用可能な性質を備えている。

油粕類の栄養価は、原料植物の種類、栽培条件、特に、採油方法などによって変動するものであるが、ナタネ粕を給与した過去の飼養試験の成績には、非常によい結果を示したものもあれば、極めて危険であるという成績もあり、日本では未だにナタネ粕の評価が一定していないことが、飼料としての利用が活発にならない大きな原因になっている。

原料ナタネの植物学的考察

現在わが国でナタネという作物名で一括される植物は、アブラナ属(*Brassica*)の *B. campestris* L. (半数染色体 $n=10$)と *B. napus* ($n=19$) の 2 種で、前者は和種、帚種、赤種などと呼ばれ、わが国古来の在来種であるが、後者は外来種、朝鮮種、西洋種、黒種などと呼ばれるものを指している¹⁾。最近カナダからのナタネの輸入が著しく増えているが、カナダで栽培されているナタネの約 80% は *B. campestris* で、いわゆる和種ナタネと同種である。カナダではこれを Polish rape と呼び、*B. napus* の方は Argentine rape と呼んでいる²⁾。

ナタネという作物名を広義にとって、油の性質や用途を問わず、油料用に栽培される十字花植物をこれに含ませると、アブラナ属の他の種 (species) はいうまでもな

表 1. 飼料用植物性油粕類の平均的成分量%
(農林省畜産局資料 昭和 47 年 7 月)

	水分	粗タンパク質	粗脂肪	粗繊維	粗灰分
脱皮大豆油粕	11.0	50.0	1.0	3.5	6.0
落花生油粕	10.0	48.0	1.0	7.0	6.5
大豆油粕	12.0	46.0	1.0	5.5	6.0
綿実油粕	10.5	36.0	1.0	13.5	6.0
なたね油粕	11.0	35.0	1.0	11.0	6.5
あまに油粕	12.0	35.0	1.0	8.0	5.0
ひまわり油粕	10.0	31.0	1.0	22.5	6.0
カボック油粕	12.0	30.0	1.0	22.0	7.5
サフラワー油粕	10.0	22.0	1.0	31.0	5.0
やし油粕	10.0	21.5	1.0	8.0	6.5
パーム核油粕	12.0	15.0	1.0	10.5	4.0

注：本表は飼料検査における収去品の分析値および飼料製造業者の分析値に基づく最近 4 年間の (昭和 43~46 年) の平均的成分である。

く、シロガラシ属 (*Sinapis*)、キバナズシロ (*Eruca*) およびその他の属例えば、油料用大根 (*Raphanus sativa* L. var *oleifera* Metzg) などが入ってくる³⁾ ということである。このような種々異なる植物の子実を原料とした油粕なので、ナタネ粕という具合に、植物学上の種の名称を表示することはむしろこっけいであるという見解も表明されている³⁾。従って、これまでわが国でナタネ粕という名のもとに飼養試験が行なわれたものの原料は、植物分類学的には種々雑多なものではなかったのかと懸念される。飼料としてのナタネ粕の評価が種々異なった原因の一つとして、このような事情がからんでいるように考えられる。

ナタネ粕に含まれる有害因子

油料原料になる植物子実には、家畜に対して有害な因子を含むものが多い。大豆に含まれている tripsin inhibitor, saponin, 血球凝集素, 抗凝固因子, 甲状腺腫誘発因子, 綿実に含まれている gossypol, malvalic acid, sterculic acid, アマニに含まれる linamarin など、いずれも家畜に対して有害な物質であるが、採油工程で適当に処

昭和 47 年 9 月 4 日受付
Use of Rapeseed Meal in Rations for Poultry
— A Review
Tatsuro MATSUMOTO, Dept. of Animal Science, Faculty of Agriculture, Tohoku University, Sendai, Japan.

理され、その油粕はいずれも飼料として利用されている。

ナタネ子実中存在している thioglucosid (最近は glucosinolate と呼ばれている) は酵素 myrosinase の作用を受けて分解し、isothiocyanate (ITC) と glucose および sulfate を生成する。ナタネ種実中には種々の thioglucoside が存在しているが、量的に多いのは glucanapin, glucobrassicinapin および progoitrin の 3 者である⁶³⁾。

glucanapin からは 3-butenyl isothiocyanate を生成し、glucobrassicinapin からは 4-pentenyl isothiocyanate を生ずる。progoitrin からは 2-hydroxy-3-butenyl isothiocyanate を生成するが、次のような化学変化によって 5-vinyl-2-oxazolidinethione (OZT) になる。

OZT は Astwood ら⁴⁾によって最初 L-5-vinyl-2-thio-oxazolidone と命名されたが、その後 (–)-5-vinyl-2-oxazolidinethione と改名され、現在はその抗甲状腺作用に基いて goitrin とも呼ばれている。

thioglucoside は水にはよく溶けるが、有機溶媒には不溶である。採油の際ナタネ子実を押し潰すと、myrosinase が働いて thioglucoside の一部を分解するが、大部分はそのまま油粕中に存在している。myrosinase の

作用によって生成した遊離の ITC および OZT は、ともに有機溶媒によく溶けるので、圧抽法または抽出法で採油したものには、遊離の形ではナタネ粕中に微量残存しているに過ぎない。

ITC はカラシ油 (mustard oil) と呼ばれる揮発性の辛味成分で、独特の刺激臭を有するので、ナタネ粕中に遊離の形で存在する場合は、たとえ微量であっても容易に感知できる。圧搾法によって搾油したナタネ粕の場合は、製造直後はかなり強いカラシ臭を発するが、日時の経過と共にその臭は失なわれてゆく。ITC は少量含まれている場合は食欲を増進させる効果がある。調味料として使われているカラシには ITC が多量に含まれているが、食用に供されている高菜、カラシ菜などにも多く含まれ、その辛さが賞味されている。

アブラナ属には A, B および C の三つの基礎になるゲノム (genome) があって、半数染色体数はそれぞれ、10, 8, 9 となっている。これらの組合せによって生じた AB, AC および BC ゲノムをもつ異種倍数植物の半数染色体数はそれぞれ 18, 19 および 17 となっている。また、アブラナ属は、シロガラシ属、キバナスズシロ属および他の 2 属とともにアブラナ亜類 (*Brassicineae*) を形成し、同じくアブラナ類のダイコン亜類 (*Raphaniae*) に属する *Raphanus* と相互に濃い類縁関係にある⁴⁾。

アブラナ属植物の子実について、筆者ら⁵⁾の調査結果によると、ITC は B, AB, および BC ゲノムを有する植物に多く含まれるが、これらには OZT は僅かしか存

表 2. アブラナ属 (*Brassica*) の構成

染色体数 n	ゲノム	種	名
8	B	<i>B. nigra</i> Koch	クロガラシ
9	C	<i>B. oleracea</i> L. <i>B. albograbra</i> Bailey <i>B. sinapistrum</i> Boiss <i>et al.</i>	カンラン類
10	A	<i>B. campestris</i> L. <i>B. pekinensis</i> Rupr <i>B. chinensis</i> L. <i>B. japonica</i> Sieb. <i>B. rapa</i> L.	和種菜種 白菜 体菜 水菜 蕪
17	BC	<i>B. carinata</i> Braun	アビシニア芥子
18	AB	<i>B. juncea</i> Hemsl <i>B. cernua</i> Coss	高菜 芥子
19	AC	<i>B. napus</i> L.	洋種又は朝鮮種菜種

注: 文献 1 より一部抄記

在していない。*B. campestris* (Aゲノム)の子実には ITC は比較的多いが OZT は少なく, *B. napus* (AC ゲノム)は ITC は比較的少なく OZT が多い。

注: ITC は Butenyl-isothio-cyanate として計算

図 1. アブラナ属植物のゲノムと子実中の ITC および OZT 含量との関係

その後、仲林⁶⁾はこれと同様の調査を行なっているが、アブラナ属作物のゲノムとその子実中の ITC および OZT 含量との関係について得られた成績は、筆者らの調査結果と同じであった。

なお、筆者らが国産ナタネ子実について測定した ITC および OZT 含量を表 3 に示した。同一の種(species)に属するナタネの品種間の差は僅かであった。

ナタネ子実中の thioglucoside の大部分がそのまま油粕中に残存するので、原料子実中の ITC 含量の高いものはその油粕中の ITC 含量も高く、OZT 含量の高いものはその油粕中の OZT 含量が高くなるものと推察される。筆者が実際に国産ナタネを原料にしたものと、カナダ産ナタネを原料に用いたものについて、油粕中の ITC および OZT 含量を測定した結果を表 4 に示した。

カナダ産ナタネを原料にした油粕は OZT 含量が低く、国産ナタネを原料にしたものは OZT 含量が高かった。しかし、ITC 含量については両者に差がなかった。なお、カナダ産ナタネを原料にしたものの中にも OZT 含量の高いものが 1 例存在しており、カナダで生産されるナタネの全てが *B. campestris* に属するものではないことを物語っている。

筆者⁷⁾が 15 年前に、本邦各地から収集した 14 種類のナタネ粕について ITC 含量を測定した処、最低は 0.024

表 3. 国産ナタネ子実中の OZT と ITC 含量
B. napus L. (ゲノム AC, n=19)

品 種 名	OZT	ITC
農林 4 号 (東海)	0.52±0.01	0.33±0.02
農林 4 号 (福島)	0.65±0.03	
農林 6 号	0.55±0.08	
農林 9 号	0.57±0.07	0.39
農林13号	0.34±0.06	0.33±0.04
農林14号	0.55±0.03	0.41
農林15号	0.59±0.07	
農林16号	0.35±0.05	0.33
農林17号	0.67±0.02	0.22
農林18号	0.53±0.02	
農林19号 (東海)	0.46±0.06	0.25
農林19号 (福島)	0.56±0.04	0.11±0.01
農林20号(みちのく)	0.48±0.07	0.28±0.01
農林24号 (ちさや)	0.52±0.06	
青森 1 号	0.55±0.05	0.34
スエヒロ	0.49±0.01	0.27±0.02
伊勢黒	0.58±0.01	
三重黒種	0.46±0.00	0.22±0.02
六ツ美	0.47±0.02	0.34±0.00
イスズナタネ	0.52±0.01	0.29±0.04
岩内種	0.85±0.07	
ハンブルグ	0.39±0.02	0.29±0.03
樺太	0.72±0.02	0.42
平 均	0.54±0.11	0.30±0.08

B. campestris, L(ゲノム A, n=10)

品 種 名	OZT	ITC
三種在来種	0.10±0.01	0.71±0.01
鹿島在来種	0.04±0.01	0.82±0.02
江沼在来種	0.06±0.01	0.75±0.03
宮城早生	0.09±0.00	
赤塚早生	0.06±0.01	0.56±0.01
早生菜種	0.05±0.01	0.65±0.02
早生菜(山形)	0.09±0.01	
平 均	0.07±0.02	0.70±0.10

注: ITC は Butenyl isothiocyanate としての計算値%, 最高は 0.277% で, 0.1% 以上の値を示したものは 4 種にすぎなかった。従って、ドイツあるいはカナダの測定値に比較すると、わが国のナタネ粕の ITC 含量は一般に少ないように見受けられると報告したが、4 年前の調査結果では、国産ナタネ粕 5 種類全部が 0.3~0.4% とほぼ同量の ITC を含んでおり、またこの値はカナダでの測定値⁸⁾ とほぼ同じである。このことは、国産ナタ

表 4. ナタネ粕中の ITC および OZT 含量
(ITC は butenyl-isothiocyanate としての計算値)

ナタネ粕 No.	OZT %		ITC %		産 地
	風乾物中	無固形物中	風乾物中	無固形物中	
1	0.39	0.44	0.43	0.49	カナダ産
2	0.29	0.29	0.34	0.34	"
3	0.77	0.83	0.35	0.38	国 産
4	0.67	0.70	0.34	0.36	"
5	0.34	0.38	0.34	0.38	カナダ産
6	0.42	0.45	0.45	0.48	"
7	0.97	1.07	0.34	0.39	国 産
8	0.38	0.43	0.30	0.34	カナダ産
9	0.91	1.06	0.35	0.41	"
10	0.36	0.41	0.21	0.24	"
11	0.12		0.25		"
12	0.72		0.36		国 産
13	0.33		0.43		カナダ産
14	0.41		0.46		"
15	0.34		0.48		"
16	0.89		0.43		国 産

試料数		平均値 (風乾物中)	
		OZT %	ITC %
国 産	5	0.80	0.36
カナダ産	11	0.39	0.37

ネ粕の品質が 15 年前に比べて著しく変化していることを示す一つの徴候のように考えられる。

ITC および OZT 含量はたとえ同一品種であっても、栽培地域が異なると幾分変化する。CLANDININ ら⁹⁾ は異なる 3 地域で栽培された 6 品種について、その子実中の ITC および OZT 含量の品種間差および地域間差をみているが、品種によって含量が異なるばかりでなく、栽培された場所によっても異なることを確かめている。筆者も農林 4 号と農林 19 号の 2 品種について、東海地方産と福島産とを比較したところ、2 品種とも福島産の方が

OZT 含量が高かった(表 3 参照)。

FINLAYSON ら¹⁰⁾ は栽培条件、特に、施肥による影響を検討し、硫酸カリの施肥が ITC および OZT 含量を著しく高めることを確かめている。

同一原料ナタネから採油する場合も、採油工程の違いによって油粕中の ITC および OZT 含量が変化する。CLANDININ ら⁹⁾ の実験によると、121°C 4 時間の乾熱によって、油粕中の OZT が著しく増加した。ナタネ粕自体を 3 時間乾熱処理した筆者ら¹¹⁾ の実験では、120°C 以下の加熱では OZT 含量に変化はなく、140°C 以上の温度では減少した。

ヒナに対する ITC および OZT の影響

ナタネ粕中にカラシ油(ITC)が存在することは古くから知られており、カラシ油含量の高い油粕を家畜に給与することは危険であると記載している成書は多い。しかし、ナタネ粕中に含まれる程度の ITC が家畜に対して果して有害かどうか疑わしい点もある。筆者ら¹²⁾ は、ITC 含量 0.5% のナタネ粕を 10% 配合した場合を想定して、ナタネ粕 10% 配合飼料に更に ITC のアルコール溶液を添加した飼料をヒナに給与した。カラシ油の臭がかなり強烈であったにも拘らず、ITC を添加して与えたヒナの方が発育がよく、甲状腺、肝臓、腎臓などに格別の異状は認められなかった。

ナタネ粕を多量に給与すると甲状腺が肥大することはよく知られているが、筆者ら¹¹⁾ の実験によると、ITC は甲状腺肥大に関してはその作用が弱い、ヨードの甲状腺内へのとりこみを阻害する傾向がある。実験結果の一部を表 5 に示した。

筆者らはナタネ子実から抽出分離した OZT を用いてヒナに対するその生理作用の追究を行なっているが¹³⁻¹⁷⁾、OZT 含量が 0.5% のナタネ粕を 10% 配合した場合を想定して、0.05% の OZT を飼料に添加して与えた場合、ヒナの甲状腺は著しく肥大したが、ヒナの成長は OZT を含まない飼料を与えた対照区のヒナとかわりな

表 5. ヒナの甲状腺機能に対する ITC と OZT の作用

(白レグ雄)

処 理 区 分	供試羽数	体 重 (g)	肝 臓 (g/100 g b.w.)	甲 状 腺 (mg/100 g b.w.)	甲 状 腺 ¹³¹ I とり込み(%)
対 照	10	153±15	3.3±0.6	8.7±2.1	6.1±1.5 ^a
エチルアルコール	10	145±21	3.4±0.6	8.7±1.2	6.3±1.8
0.05% ITC	10	148±15	3.8±0.3	10.5±2.4	1.4±0.3**
0.05% OZT	10	150±15	3.3±0.3	26.0±5.1**	11.2±2.1**
ITC+OZT	10	150±15	3.5±0.6	28.9±6.0**	10.6±2.7*

a. 5 羽の平均,

** P<0.01,

* P<0.05

かった。また、放射性ヨードを投与して、甲状腺内での合成反応に対する OZT の作用を、他の抗甲状腺剤と比較した結果、OZT は血中の甲状腺ホルモン濃度を低下させる作用をもつ点では同じであるが、甲状腺内のホルモン合成反応に対しては他の抗甲状腺剤とは異なる独特の作用機構を示している。筆者らの測定結果によると、OZT の抗甲状腺作用は、甲状腺の重量増加の点からみると Propylthiouraea (PTU) の $\frac{1}{3}$ 程度、血漿中の PBI 濃度低下の点からみると $\frac{1}{9}$ 程度にすぎない。甲状腺内への ^{131}I のとりこみ阻害という点では、PTU とは全く逆で、OZT は甲状腺内へのヨードのとりこみを促進する作用がある(図 2 参照)。

注：白レグ雄ヒナ 14 日令各点 5 羽づつの平均値
図 2. 甲状腺内への ^{131}I とりこみに対する OZT 投与の影響

ナタネ粕を用いて行なった中谷^{18,19)}の実験結果によると、ナタネ粕を 10~15% 配合した飼料の抗甲状腺作用を、甲状腺の重量増加を目安にして比較すると、0.01~0.015% の thiouracil 添加飼料、あるいは、0.06~0.09% KSCN 添加飼料とほぼ等しく、甲状腺内のヨード量の測定結果から考えて、これらの各飼料の抗甲状腺作用はそれほど強くないものとみなされた。また、飼料のエネルギー含量および摂取量が同じ条件下では、ナタネ粕配合の有無に拘らず、ヒナの成長はほとんど同じであったが、ナタネ粕を給与したヒナの甲状腺重量は有意に増加した。

高森²⁰⁾は中雛および成鶏に対し、ナタネ粕を 10~50% まげて 30~111 日間飼育したところ、甲状腺の重量が 2~10 倍に肥大したが、甲状腺の肥大は、年令、油粕の配合率、給与日数に比例せず、また、組織学的変化と

の間にも一定の関係を認めることが出来なかった。吉田ら²¹⁾は肉用鶏ヒナについて、カナダ産ナタネと国産ナタネを原料にした油粕を給与して、甲状腺重量への影響を比較したところ、体重 1 kg あたりの甲状腺重量は、カナダ産ナタネ粕を与えた場合には 4 週令でほぼ一定となってその後は変化しなかったが、国産ナタネ粕ではこのような平衡状態にならなかったと述べている。

ナタネ粕の抗甲状腺作用の強さは、どのような変化を目安にして考えるかによって大幅に異なるが、ナタネ粕の給与量および給与期間が影響するばかりでなく、鶏の品種、性別、年令によっても異なるものと考えられる。

各種添加剤の効果

ナタネ粕を給与した場合におこる甲状腺の肥大や成長の低下を防止する目的で、各種の添加剤を用いる試みが、わが国においても長年に亘って実施されている。TURNER²²⁾は、ナタネ粕給与によるヒナの发育阻害は甲状腺機能の抑制によるものであり、甲状腺機能を回復させれば发育もよくなるものと考えたが、その後の多くの研究成果を総合すると、甲状腺の肥大はヒナの成長に直接結びつくものではなく、甲状腺を肥大させる因子と、发育を阻害する因子とは、全く別個のものと考えた方がよいようである。

上坂ら²³⁾は、ナタネ粕を 15% 配合した飼料に乾燥甲状腺剤チラーヂンを 10 mg% 添加すると、ヒナの甲状腺重量、組織ともにほぼ正常に復することを認めたが、发育に対する効果は認めていない。森脇ら^{24~29)}の研究結果によると、ナタネ粕を 15% 配合した飼料を給与したヒナの場合、ヨード X、ヨードカゼイン、乾燥甲状腺剤、ビタミン A などの添加は、いずれもナタネ粕の抗甲状腺作用を柔げはするが、发育阻害は防止できない。しかし、タローの添加によって飼料のエネルギー含量を高めさえすれば、ヒナの成長は改善されることをみている。

ナタネ粕の代謝エネルギー (ME) は 1700 kcal/kg であり、大豆粕の ME 2240 kcal/kg に比べるとかなり低い³⁰⁾。大豆粕の代わりにナタネ粕を用いる場合には、先づエネルギーの補給を考えるべきであるが、タンパク質含量が大豆粕では 46% であるのに対して、ナタネ粕では 35% であることも同時に考慮する必要がある。

ANWAR ら³¹⁾は、高品質のナタネ粕 (GPV 78) を配合した場合も、低品質のナタネ粕 (GPV 50) を配合した場合も、エネルギー含量ならびに Gross Protein Value Units が同一になるように配合さえすれば、いずれの場合も大豆粕 (GPV 75) を配合した対照区のヒナと同一の成長を示すことを確かめており、甲状腺肥大因子の存在はヒナの成長には全く影響していない。

KLAIN ら³²⁾ は、必須アミノ酸であるリジンが採油工程でかなり破壊されるので、ナタネ粕給与の場合、リジン添加が有効であると述べているが、ナタネ粕配合飼料にリジンを添加しても、ヒナの成長改善はみられないという報告も多い。ナタネの採油方法が改善され、過度の加熱によるリジンの破壊が以前に比べて少なくなっているためと考えられる。採油工程における加熱処理条件とナタネ粕の抗甲状腺作用ならびにリジン含量との関係については CLANDININ ら⁹⁾ の研究があるが、高温で処理したもののほど甲状腺肥大作用が強く、リジン含量の減少が

大きくなっている。わが国での実験³³⁾によると、圧搾前処理温度の最高が 105℃ である現行温度処理ナタネ粕に比べて、これより 10℃ 高い高温処理ナタネ粕はリジン含量が 10~20% 減少した。

ナタネ油の採油方法は、圧搾法 (Expeller)、圧抽法 (Prepress solvent) および直接抽出法 (Solvent) の 3 方法に大別され、原料ナタネのうける温度は圧搾法が最も高く、抽出法が最も低い⁴⁴⁾。採油方法の相異によるナタネ粕の化学成分の差異を調べたカナダでの成績⁸⁾を表 6 に示した。

表 6. ナタネ粕タンパク質のアミノ酸組成ならびに大豆タンパク質との比較
(CLANDININ et al.⁸⁾ による)

	ナ タ ネ 粕 タ ン プ ク 質						大豆粕タンパク質	
	圧 搾 法		圧 抽 法		抽 出 法		抽 出 法	
	%	(2)	%	(2)	%	(2)	%	
ア ラ ニ ン	4.23		4.37		4.46		4.20	
ア ル ギ ニ ン (1)	5.21	80.9	5.60	86.9	5.61	87.1	6.44	100
ア ス パ ラ ギ ン 酸	6.61		6.88		7.05		11.20	
シ ス チ ン (1)	1.10	85.2	1.17	90.7	1.48	114.7	1.29	100
グ ル タ ミ ン 酸	16.49		17.54		18.72		18.00	
グ リ シ ン (1)	4.73	102.8	4.92	106.9	5.08	110.4	4.60	100
ヒ ス チ デ ン (1)	2.48	103.3	2.68	111.7	2.62	109.2	2.40	100
イ ソ ロ イ シ ン (1)	3.70	78.9	3.72	79.3	3.86	82.3	4.69	100
ロ イ シ ン (1)	6.54	87.3	6.80	90.7	7.01	93.6	7.49	100
リ ジ ン (1)	4.68	75.2	5.65	90.8	5.83	93.7	6.22	100
メ チ オ ニ ン (1)	1.89	135.0	1.90	135.7	1.84	131.4	1.40	100
フェニルアラニン(1)	3.74	77.9	3.82	79.6	3.87	80.6	4.80	100
ブ ロ リ ン	5.86		6.15		6.30		4.89	
ゼ リ ン	4.12		4.32		4.41		5.00	
ス レ オ ニ ン (1)	4.14	108.9	4.31	113.4	4.38	115.2	3.80	100
トリプトファン (1)	0.99	82.5	1.20	100.0	1.26	105.0	1.20	100
チ ロ シ ン (1)	2.18	77.9	2.20	78.6	2.25	80.4	2.80	100
バ リ ン (1)	4.75	95.0	4.86	97.2	4.96	99.2	5.00	100
試 料 数	7		29		9		6	

注: (1) 必須アミノ酸
(2) 大豆タンパク質中の含量を 100 とした場合の指数

圧搾法によるナタネ粕では、大豆粕タンパク質に比べてリジン含量が 75% 程度になっているが、圧抽法ならびに抽出法では大豆粕との差は僅かである。わが国のナタネ粕は、国内でのナタネの栽培が盛であった当時は、圧搾法によるものがかなり出廻っていたものと想像されるが、現在市販のナタネ粕は大部分圧抽法によってつくられている。採油技術の進歩は、ナタネ粕の栄養価の向上にも役立っているようである。なお、ナタネ粕タンパク質はいずれの採油方法による場合も、必須アミノ酸で

あるメチオニン含量が大豆粕タンパク質に比べてかなり高いことは注目に値する。

ナタネ粕中の有害物質の除去について

ナタネ粕に含まれている有害物質を簡単な方法で除去しようという試みは数多くなされている。ナタネ粕中の ITC や OZT はいずれも thioglucoside の形で存在し、thioglucoside は水に可溶性であるので、ナタネ粕を水または熱水で処理することは多くの人が試みている。筆

者ら³⁴⁾の実験によると、70～80℃の熱水5倍量を加えて攪拌後直ちに吸引濾過し、70℃で通風乾燥した場合、残渣中のITCおよびOZTは共に元の含量の約 $1/10$ に減少した。中谷ら^{35,36)}は、熱水処理をしたナタネ粕をヒナに給与し、成長ならびに甲状腺組織像について検討した結果、熱水処理がナタネ粕の特異作用防止に有効なことを確かめている。BALLESTERら³⁷⁾は水で2回抽出する方法が最も効果的で、OZTはその84%が、ITCは77%が除去できると述べている。しかし、熱水や冷水で処理した場合、ナタネ粕中の固形分が約20%も失なわれること、水処理をした後の乾燥に手間がかかることなどを考えると、ナタネ粕飼料化の実際面では有効な手段といえないようである。

箕口ら³⁸⁻⁴¹⁾は、オートクレーブ処理は抗甲状腺物質および成長阻害因子の除去効果が良好で、乾熱処理では効果がないことを報告している。筆者ら¹¹⁾の実験によると、120℃、50分の湿熱処理によって、ナタネ粕の無脂固形分中のOZT含量は、*B. napus*の場合は0.76%から0.08%に減少し、*B. campestris*では0.27%から0.08%に減少した(図3参照)。

図3. ナタネ粕の湿熱処理効果

EVANSら⁴²⁾が大豆粕について試験した結果によると、リジンの損失は乾熱処理した場合よりも湿熱処理した場合の方が大きい。ナタネ粕の湿熱処理を行なう場合は、タンパク質の栄養価の低下を最少限にとどめるように処理条件を検討する必要がある。中谷ら⁴³⁾は蒸熱処理をしたナタネ粕をヒナに給与して処理効果を検討したところ、100～130℃で15分間処理の場合、嗜好性ならびに成長に対してかならずしも有効であるとはいえなかった。115℃と120℃で30分間処理は甲状腺の肥大防止に有効であるのみならず、嗜好性を向上させ、成長低下の防止にかなり効果があるものと判断された。

消化管内でのprogointrの分解量は、ナタネ粕中に残存するmyrosinaseの活性の程度と消化管内の微生物の状態によって大きく影響されるものと考えられるが、OZTの添加量とヒナの甲状腺重量との関係を求めた検量線に基いて、ヒナの消化管内で生成した遊離のOZT量を測定した筆者ら¹¹⁾の実験では、消化管内で分解したprogointrinは摂取量の10%程度にすぎなかった。飼料中のOZTは少ない方がよいのであるが、果してどの程度まで除去する必要があるのか一考の余地がある。

カナダの研究者⁴⁴⁾は、ナタネ採油工程でmyrosinaseを失活させることと、高温処理によるタンパク質の栄養価の低下をさけることを重視しており、ナタネ粕中に残存するmyrosinase活性は、pH 7.0の緩衝液を加えて2時間振盪して遊離するITCとOZTの合計が0.02%をこえてはならないと規定している。

家禽に対するナタネ粕の給与

ナタネ粕を家畜に多量給与すると、甲状腺が肥大し、下痢をおこし、成長が阻害されるという記載が多い⁴⁵⁻⁴⁷⁾。しかし、その害作用の程度、あるいは、飼料として家禽に与えて差支えない限度については、研究者によってかなりの隔りがある。上坂ら^{48,49)}は、カラシ油の臭のかなりひどいナタネ粕をヒナの飼料に5～18%配合して与えたところ、下痢をおこし発育が悪かったと述べている。また、デスメツ式圧搾ナタネ粕15%配合した飼料について、ニューハンプシャー、ロックホーン、名白、横班ブリマスロック、白色レグホーンの5品種の雌、雄を用いて28日間の飼養試験を行なった成績によると、ナタネ粕を含まない対照区に比べて、一般に試験区は80～90%しか発育しなかった。発育の速い品種はナタネ粕配合の影響が大きくでる傾向があり、白色レグホーン種は対照区との差が比較的小さかった。試験区はいずれも甲状腺が肥大したが、品種による差異は判然としなかった。性別では、一般に雄より雌の方が甲状腺肥大が大きかったが、白色レグホーン種のみは雄の方が肥大が大

きかった。

ナタネ粕を 5～10% 程度配合した場合、ヒナの発育に影響がなかったという報告は多い。ALLEN ら⁵⁰⁾ は種々の鶏種のヒナについて、ナタネ粕を 10%, 15% および 25% の割合に配合した飼料を用いて繰返し飼養試験を実施している。その成績によると、ナタネ粕配合の最適量は各鶏種毎に決める必要があるが、WL×NH あるいは NH×BBW などでは 25% 配合も可能なことを示唆する結果を得ている。なお、ナタネ粕給与により甲状腺が著しく肥大するが、甲状腺の肥大は、ナタネ粕の熱水処理、あるいは、無機態ヨードの添加によって軽減出来ると報告している。

岩田⁵¹⁾ は、ナタネ粕がタンパク質含量が高く、しかもその栄養価がすぐれていることを 36 年前の学会誌に発表しているが、その後岩田ら^{52,53)} は、市販の配合飼料にナタネ粕を 10% および 20% 配合してヒナに与え、粉乳、酵母、大豆粕その他種々の材料を与えたものと比較した結果、ナタネ粕を 10% 配合したものの優秀性を確認し、またその後も、白レグの初生ヒナおよび中ヒナにナタネ抽出粕を 10% 配合した飼料を与えて、常に良好な成績を得ており、6% 配合では、甲状腺がほとんど肥大しない場合もあったと報告している。

中谷ら⁵⁴⁾ は専用種および準専用種の肉用鶏のヒナを用い、大豆粕の代替としてナタネ粕の配合がどの程度まで可能であるかを検討した。仕上期 (4 週令より 9～10 週令まで) にナタネ粕を 10～20% 配合した飼料を給与した場合、ヒナの成長は大豆粕配合の対照区のヒナに比べて僅かに劣る場合もあったが、その差は有意ではなく、屠体の歩留り、品質について、ナタネ粕給与の影響はほとんど認められなかった。

O'NEIL⁵⁵⁾ は、圧抽法によるナタネ粕を大豆粕の代替物として産卵鶏飼料に配合した場合、タンパク質含量を同じにすれば、産卵率および飼料要求率は大豆粕を配合した対照区とかわらなかったと報告している。

岩田ら⁵³⁾ は白レグ初年鶏に対して、ナタネ抽出粕 7～8% 配合飼料とこれを含まない飼料とを与えて 3～7 ケ月間の試験を行なっているが、産卵率および卵の品質について、対照区との間に有意差を認めていない。

JACKSON ら⁵⁶⁾ は 17 週令の白色レグホーン種を用いてナタネ粕配合の影響を検討している。試験期間は 28 日間であるが、アルジェリア産のものは最高 8% まで、フランス産のものは最高 6.9% まで配合しても産卵に異常はなかった。甲状腺の肥大は、一般にナタネ粕の配合割合を増すに従って増加したが、アルジェリア産 8% 配合区はフランス産 6.4% 配合区に比べて小さく、アルジェリア産はフランス産よりも抗甲状腺物質が少ないことを示

している。なお、肝臓、副腎、脳下垂体、肝臓脂肪、血液性状などにはいずれも異状は認められなかった。

CLANDININ ら⁵⁷⁾ は圧抽法によるナタネ粕を 10% 配合した飼料を育成期から成鶏期を通して給与した結果、飼料のエネルギーおよびタンパク質の水準を同一にした大豆粕配合飼料を給与したものに比べて、72 週令までの産卵期における産卵率が減少し、死亡率が増加し、卵重、Hough unit および飼料効率がいずれも僅かに減少した。従って、産卵鶏用飼料に 10% のナタネ粕は配合出来ないと結論している。SUMMERS ら⁵⁸⁾ は産卵鶏用配合飼料 (CP 15%, ME 2760 kcal/kg) の大豆粕タンパク質の半量または全量をナタネ粕で代替すると (ナタネ粕の配合割合は 13.25% および 26.25%), 産卵率、飼料摂取量、飼料効率、卵重がいずれも有意に減少したと報告している。この場合、必須アミノ酸混合物、タロー、または thyroprotein を添加しても改善は認められなかったが、thyroprotein の添加によって甲状腺重量は明らかに減少した。

窪田ら^{59,60)} は比較的短期間の飼養試験の結果に基づいて、産卵鶏用飼料にナタネ粕を 10% 程度配合出来ると報告したが、その後更に、育成期 (8 週令) より産卵期 (64 週令) を通して、ナタネ粕の配合割合をそれぞれ 0, 4, 8, および 12% と一定にした飼料を給与して飼養した結果、ナタネ粕を配合しても初産日令や初産体重には影響がなかったが、産卵率は、国産ナタネ粕 (*B. napus*) は配合割合を増すと低下の傾向を示し、12% 配合区は統計的にも明らかに低下した。カナダ産ナタネ粕 (*B. campestris*) を配合した場合は、ナタネ粕を配合しない対照区との間に明らかな差は認められず、産卵期の飼料摂取量、飼料要求率および生存率にも差がなかった。この試験の結果を総合して、育成用飼料にはナタネ粕は 12% まで配合してもよいが、産卵用飼料では 8% 以下にとどめることが望ましいと結論している。なお、抗甲状腺物質の卵への移行の有無を検討する目的で、83% の基礎飼料に、全卵 (卵殻を除いたもので、水分約 74%) を風乾物 (水分約 12%) として 17% 相当量になるように混合し、室温で通風乾燥、粉碎した飼料を初生ヒナに 4 週令まで給与したが、甲状腺の肥大は認められなかったと報告している。抗甲状腺物質の卵への移行はないものと考えられる。

結 び

現在わが国では年産約 300 万トンの植物性油粕が生産されており、その約 $\frac{2}{3}$ は大豆粕である。大豆粕以外の油粕の中ではナタネ粕の占める割合はかなり大きく、しかも年々急速に増加の傾向にある (表 7 参照)。1972 年

表 7. 植物性油粕の生産と輸入¹⁾

(単位: 1,000 トン)

	原 料 名	1968	1969	1970	1971	1972 ²⁾
輸 入 原 料	大 豆	1,390	1,541	1,929	1,941	1,925
	な た ね	143	158	187	234	246
	綿 実	129	140	153	144	130
	あ ま に	62	73	83	68	72
	コ ブ ラ	40	39	41	42	41
	サ フ ラ ワ ー	48	19	22	21	32
	と う も ろ こ し	21	22	27	25	27
	ひ ま わ り	48	49	27	24	23
	カ ボ ッ ク	30	15	24	26	22
	パ ー ム 核	11	14	18	19	20
	そ の 他					
	小 計	1,976	2,125	2,577	2,610	2,596
国 産 原 料	米 ぬ か	375	394	432	464	469
	な た ね・か ら し	37	27	16	12	12
	そ の 他	3	3	1	2	2
	小 計	415	424	449	478	483
総 計		2,391	2,549	3,026	3,088	3,079
輸 入 数 量	大 豆 か す	15	27	72	39	
	や し か す	0	—	—	—	
	あ ま に か す	1	1	0	0	
	綿 実 か す	4	20	14	3	
	落 花 生 か す	64	82	142	122	
	その他植物性油かす	85	110	139	115	
	計	169	240	367	279	

注 1. 文献 61 による

2. 推定値

のナタネ粕生産量は約 25 万トンと見込まれており、有機質肥料としての需要量を大きく上廻っている。

ナタネは栄養価の高い貴重な蛋白質を多量に含むものであるから、資源的観点からは、本来飼料として活用すべきもののなのであるが、現在の情勢はナタネ粕の飼料化を迫られているといっても過言ではないようである。植物育種、製油工業、飼料製造、家畜飼養その他の関連分野が協力して、飼料用ナタネ粕製造のための諸条件と家畜に対する適切な給与方法を明確にして、ナタネ粕に対していだけられている漠然とした懸念を一日も早く一掃する必要がある。

今日、飼料および食品原料として多量に消費されている大豆粕も、かつては、専ら肥料に使われていたのである。ナタネ粕もやがてはわが国においても、飼料として

全面的に迎え入れられるのではあるまいか。

なお、本論文では国内での研究に重点をおいてとりまとめるように努めた。ナタネ粕の飼料利用に関係した海外の研究報告は非常に多い。また、ナタネ粕の飼料価値に関するすぐれた総説^(62~66)も発表されている。関心をおもちの方々の一読をおすすめしたい。

文 献

- 1) 水島宇三郎：菜種とその近縁植物，宗博士古稀記念出版会編，育種学各論，p.304，養賢堂，東京，1954.
- 2) DOWNEY, R. K. and J. M. BELL: Report on the Rapeseed Mission to Japan Aug. 28 to Sept. 13. 1970, Rapeseed Association of Canada, Publication No. 13, 1971.
- 3) 大島秀彦：有機質肥料鑑定法，各論，植物篇 I，

- 農業技術研究所資料B, 第3号, 1956.
- 4) ASTWOOD, E. B., M. A. GREER and M. G. ETTLIN-GER: *J. Biol. Chem.*, **181**, 121, 1949.
 - 5) 松本達郎: 日本農芸化学会昭和41年度大会講演要旨集, p. 33, 1966.
 - 6) 仲林寛明, 大平幸次, 藤原彰夫: 宇都宮大学農学部学術報告, **8**, (2), 1, 1972.
 - 7) 波多野正, 松本達郎, 村上寛一: 文部省科学研究費による研究報告集(農学篇)昭33, 153, 1959.
 - 8) CLANDININ, D. R., S. J. SLINGER and J. M. BELL: Canadian Rapeseed Meal in Poultry and Animal Feeding, Canadian Rapeseed Association: Publication No. 16, 8, 1972.
 - 9) CLANDININ, D. R., R. RENNER and A. R. ROBBLEE: *Poultry Sci.*, **38**, 1367, 1959.
 - 10) FINLAYSON, A. J., C. M. CHRIST and R. K. DOWNEY: *Can. J. Plant Sci.*, **50**, 705, 1970.
 - 11) 松本達郎, 秋葉征夫, 星千秋, 青砥理: 家禽会誌, **9**, 春季学会号, p. 38, 1972 (講演要旨).
 - 12) 伊藤茂雄, 松本達郎, 波多野正: 日本畜産学会東北支部会報, **8**, 14, 1958 (講演要旨).
 - 13) MATSUMOTO, T., H. ITOH and Y. AKIBA: *Poultry Sci.*, **47**, 1323, 1968.
 - 14) MATSUMOTO, T., H. ITOH and Y. AKIBA: *Poultry Sci.*, **48**, 1061, 1969.
 - 15) AKIBA, Y. and T. MATSUMOTO: *Tohoku J. Agr. Res.*, **22**, 189, 1971.
 - 16) AKIBA, Y. and T. MATSUMOTO: *Tohoku J. Agr. Res.*, **23**, 79, 1972.
 - 17) AKIBA, Y. and T. MATSUMOTO: *Tohoku J. Agr. Res.*, **23**, 86, 1972.
 - 18) 中谷哲郎: 日畜会報, **40**, 18, 1969.
 - 19) 中谷哲郎: 日畜会報, **40**, 25, 1969.
 - 20) 高森乙松: 内分泌, **3**, 243, 1956.
 - 21) 古田実, 星井博, 森本宏: 家禽会誌, **6**, 30, 1969.
 - 22) TURNER, C. W.: *Poultry Sci.*, **27**, 118, 1948.
 - 23) 上坂章次, 川島良治, 加藤啓介, 大崎豊彦, 岡田通子: 日畜会報, **35**, 特別号, 167, 1964.
 - 24) 森脇甲介, 川口幸一, 井口新一郎: 京都大学農学部畜産学教室創設25年記念論文集, **20**, 1961.
 - 25) 森脇甲介, 川口幸一, 井口新一郎: 滋賀県立短期大学学術雑誌, **3**, 21, 1962.
 - 26) 森脇甲介, 川口幸一, 井口新一郎: 滋賀県立短期大学学術雑誌, **5**, 1, 1963.
 - 27) 川口幸一, 井口新一郎, 森脇甲介: 滋賀県立短期大学学術雑誌, **6**, 1, 1965.
 - 28) 森脇甲介, 川口幸一, 倉田新一郎: 滋賀県立短期大学学術雑誌, **8**, 1, 1967.
 - 29) 森脇甲介, 川口幸一, 中嶋隆: 滋賀県立短期大学学術雑誌, **10**, 1, 1969.
 - 30) ALLEN, R. D.: Ingredient Analysis Table, 1971-72 Feedstuffs Yearbook Issue, **43**, No. 40.
 - 31) ANWAR, A., D. R. CLANDININ and A. R. ROBBLEE: *Poultry Sci.*, **50**, 181, 1971.
 - 32) KLAIN, G. J., D. C. HILL, H. D. BRANION, J. A. GRAY: *Poultry Sci.*, **35**, 1315, 1956.
 - 33) 森本宏, 野呂春暢, 関原康夫, 甲賀清美, 田中庸雄, 下司一, 飯田九州男, 杉橋孝夫, 松本達郎: 技術報告, No. 12, 25, 日本科学飼料協会, 1970.
 - 34) 松本達郎, 後藤満夫: 日本畜学会第52回大会講演要旨, p. 50, 1966.
 - 35) 中谷哲郎: 日畜会報, **35**, 107, 1964.
 - 36) 中谷哲郎, 田上末四郎: 日畜会報, **36**, 324, 1965.
 - 37) BALLESTER, D., R. RODRIGO, J. NAKOUZI, C. O. CHICHESTER, E. YÁNEY and F. MÖNCKEBERG: *J. Sci. Fd. Agric.*, **21**, 143, 1970.
 - 38) 箕口重義, 福沢美喜男, 磯部徹三: 日食品工会誌, **15**, 129, 1968.
 - 39) 箕口重義, 福沢美喜男: 日食品工会誌, **15**, 301, 1968.
 - 40) 箕口重義, 福沢美喜男: 日食品工会誌, **16**, 150, 1969.
 - 41) 箕口重義, 福沢美喜男, 田中実: 日食品工会誌, **16**, 310, 1969.
 - 42) EVANS, R. J. and H. A. BUTTS: *J. Biol. Chem.*, **175**, 15, 1948.
 - 43) 中谷哲郎, 久池井忠男: 日本畜産学会第57回大会講演要旨, p. 19, 1969.
 - 44) YOUNGS, C. G., L. R. WETTER and G. S. BOULTER: Canadian Repeseed Meal in Poultry and Animal Feeding, Rapeseed Association of Canada, Publication No. 16, 4, 1972.
 - 45) 齊藤道雄: 飼料学 下巻, p. 785, 朝倉書店, 東京, 1951.
 - 46) MORRISON, F. B.: Feed and Feeding 22nd ed., p. 501, The Morrison Publishing Co., Ithaca, New York, 1956.
 - 47) 森本宏: 飼料学, p. 144, 養賢堂, 東京, 1968.
 - 48) 上坂章次, 川島良治: 畜産技術, **18**, 11, 1955.
 - 49) 上坂章次, 川島良治, 横山卓三: 油脂, **14**, 12, 1961.
 - 50) ALLEN, C. E. and D. S. DOW: *Sci. Agr.*, **32**, 403, 1952.
 - 51) 岩田久敬: 農化, **12**, 420, 1936.
 - 52) 岩田久敬, 小林邦彦, 秋山豊: 日本畜産学会九州支部大会講演, 1958. 11.
 - 53) 岩田久敬(代表者): 昭和36年度農林漁業試験研究補助金による研究報告書一菜種粕の飼料化に関する研究
 - 54) 中谷哲郎, 田上末四郎, 久池井忠男: 家禽会誌, **5**, 176, 1968.
 - 55) O'NEIL, J. B.: *Poultry Sci.*, **36**, 146, 1959 (abstract).
 - 56) JACKSON, N: *J. Sci. Fd. Agric.*, **21**, 511, 1970.
 - 57) CLANDININ, D. R. and A. R. ROBBLEE: XIVth World Poultry Congress Report, Madrid, Spain, 1970.
 - 58) SUMMERS, J. D., G. RAJARATAM and W. F. PEPPER: *Poultry Sci.*, **50**, 1382, 1971.
 - 59) 窪田大作, 森本宏: 家禽会誌, **6**, 36, 1969.

- 60) 窪田大作, 土黒定信, 久保辰雄, 松島正洋, 野口進, 今井一郎, 飯野雅夫, 平野公夫, 田家清一・家禽会誌, **9**, 274, 1972.
(蛋白質の高度利用技術および資源の開発に関する総合研究推進会議資料——昭和46年3月)
- 61) 農林省食品油脂課: わが国の油脂事情, 1972, 5.
- 62) BELL, J.M.: The Nutritional Value of Rapeseed Oilmeal——A Review.
Can. J. Agr. Sci., **35**, 242, 1955.
- 63) The Associate Committee on Animal Nutrition, National Research Council of Canada: Rapeseed Meal for Livestock and Poultry——A Review. The Canada Department of Agriculture, Publication **1257**, 1965.
- 64) CLANDININ, D. R. and A. R. ROBBLEE: Rapeseed Meal for Poultry——A Review, World Poultry Sci. J. **22**, 217, 1966.
- 65) BELL, J. M., R. K. DOWNEY and L. R. WETTER: Oil and Meal from Canadian Rapeseed —— A Summary on Quality and Use.
Canada Department of Agriculture, Publication **1183**, Revised 1967.
- 66) RUTKOWSKI, A.: The Feed Value of Rapeseed Meal, J. Amer. Oil Chemists Soc. **48**, 863, 1971.
(One of nine papers published from the Symposium. Cruciferous Oilseeds conducted by the IFS — AOCS World Congress, Chicago, September, 1970.)