

【まえがき】

魚粉が世界的需要増で高騰し、当面冷却の見込みない。古い家畜飼養学を学んだ人達は、養鶏飼料には魚粉が必須と思い込んでいた。アミノ酸理論が確立した昨今は、魚粉ゼロ配合でも高性能に育種された鶏の性能を 100%引き出せる。一方、未だに養殖魚飼料次いで子豚人工乳には良質魚粉が求められているが、飼料栄養化学の更なる進展によって両飼料も魚粉ゼロの時代が来ると信じている。本稿がそのキッカケになれば望外の喜びである。

【養殖魚、特に鯉の結晶アミノ酸補足効果が殆んどないのは何故？】

飼料業界発展期に NS 社が品質管理の一環で実施した精製飼料によるヒナの蛋白質原料評価試験 (Net Protein Ratio) において、大豆粕はアミノ酸バランス的に不足しているメチオニンを補足添加すれば、良質魚粉同等またはそれ以上に優れた。しかし、同社水産班が行った水槽の鯉による大豆粕の結晶メチオニン補足効果は殆んどなかった。何故？を考え、学生当時の教科書の栄養化学概論(1)を読み直した。そこには「白ネズミにおいて結晶必須アミノ酸全 10 種の同時給与に比べて、半数の 5 種ずつを 1 時間の間隔を置いて給与すると補足効果は消滅したという、Cannon (1947&1950) の研究報告を引用し、先に吸収したアミノ酸バランスが不均衡な場合、体蛋白質同化において、後から体内に入ってくるアミノ酸を待たずに排泄されることを示す」とあった。

それをヒントにして「養殖魚における必須アミノ酸の吸収時間差はアミノ酸補足効果 (蛋白質効率) に影響する」との仮説を 1980 年頃に立てた。即ち、水に棲む魚類は水温に順応する変温動物で一般に体温が低い。従って、プロテアーゼなどの消化酵素活性は低温でも作用するとはいえ、35℃以上の恒温動物であるヒトや家畜に比べて弱いので消化吸収に時間を要する。一方、補足添加した結晶メチオニンは早々に小腸で吸収されるが、蛋白質同化でなく優先的にエネルギー源として消費されてしまうので補足効果は小さい。動物にとって「生命誕生」の必須栄養素は蛋白質だが、「生命維持」に最も必要な栄養はエネルギーであり、それが不足すればアミノ酸／蛋白質はエネルギーとして消費されるであろう。

その後この仮説に関連して無胃魚 (痕跡程度) の鯉は、消化器内の塩酸 (胃酸) の分泌が少ないためか骨と同じ成分の難溶性リン酸カルシウムの吸収率低く、養殖鯉はナトリウム塩などの水溶性リンが必須と分かった。またフグも無胃魚で難溶性の炭酸亜鉛は利用率悪く、養殖フグは水溶性の硫酸亜鉛がベターと分かった。なお、「栄養要求量は発育 (代謝) 速度に比例する」と考えており、この水溶性云々は発育が速い養殖魚故であろう。養殖の鯉／フグの例から、無胃魚は塩酸分泌も少なく有胃魚に比べてペプシン活性が弱いと考える。だとすれば、無胃魚は「結晶アミノ酸」と「大豆蛋白質構成アミノ酸」との吸収時間差が有胃魚より大きく、大豆粕への結晶メチオニン補足効果は殆んどなくなると推断する。

いうことはアミノ酸バランス的に「穀物蛋白質+大豆蛋白質」の組合せの相性が良い。蛋白質（アミノ酸）の量的課題は別として、アミノ酸バランス的には大豆蛋白質原料（脱皮大豆粕など）との組合せ相手として、魚粉よりも穀物系蛋白質原料のグルテンミール／トウモロコシ蒸留粕（DDGS・DDG）／ポテトプロテインなどがベターである。フェザーミールの含硫アミノ酸は多いが、メチオニン少なくシスチンに偏重しているので消化性の課題と共に注意したい。魚粉代替試験においては蛋白質原料単体で代替するのではなく、前記の通りアミノ酸バランスを考慮して代替することが望ましい。例えば「脱皮大豆粕+グルテン

表：飼料原料の含硫アミノ酸とリジン

上段：乾物中% 下段：蛋白質中%

主な飼料原料	蛋白質	Met	Cys	M + C	Lys
トウモロコシ(2)	8.8	0.17	0.20	0.37	0.29
	100	1.93	2.24	4.17	3.24
トウモロコシ グルテンミール(2)	70.7	1.66	1.30	2.96	1.21
	100	2.35	1.84	4.19	1.72
トウモロコシ蒸留粕 (新 DDGS) (4)	28.8	0.59	0.80	1.39	0.80
	100	2.05	2.78	4.83	2.78
トウモロコシ蒸留粕 (高蛋白質 DDG) (5)	52.3	1.14	1.63	2.77	2.65
	100	2.18	3.12	5.30	5.06
ポテトプロテイン(2)	82.0	1.74	1.63	3.37	6.90
	100	2.13	1.99	4.12	8.41
脱皮大豆粕(2)	54.7	0.72	0.83	1.55	3.48
	100	1.31	1.52	2.83	6.37
魚粉 (CP65%) (2)	72.5	2.01	0.65	2.66	5.38
	100	2.77	0.89	3.66	7.42
魚粉 (CP60%) (2)	67.7	1.68	0.55	2.23	4.47
	100	2.48	0.81	3.29	6.59
ポークミール(2)	61.5	0.94	0.90	1.84	4.67
	100	1.53	1.47	3.00	7.60
フェザーミール(2)	90.0	0.64	3.39	4.03	2.23
	100	0.71	3.77	4.48	2.48
チキンミール(2)	62.8	1.18	0.78	1.96	3.63
	100	1.87	1.24	3.11	5.77
脱脂粉乳(2)	36.2	0.87	0.31	1.18	2.77
	100	2.40	0.84	3.24	7.66
トルラ酵母(2)	48.8	0.63	0.35	0.98	4.05
	100	1.30	0.72	2.02	8.30

ミール」を一つの原料として扱って、魚粉の一部と代替する。なお、必須アミノ酸も加味したコンピュータでのリニアプログラミングによる配合設計であれば、この組合せなどは自動的に考慮される。

【高騰した魚粉に替わる新規原料】

高騰した魚粉に替わる新規原料が課題であり、一般の蛋白質原料との対比でなく良質魚粉とのコストパフォーマンス比較で検討することがポイントである。品質的に良質魚粉に近いもので、単位蛋白質当り価格が良質魚粉より 1 割以上安ければ検討の余地ありと考える。また養殖家は発育成績よりも、利益を追う姿勢が欲しい。これらの観点から、アイデア段階も含めて魚粉に替わりうる蛋白質原料を提案する。

① レイヤー廃鶏を利用したチキンホールミールの開発(3, 6)

加工方法はフェザーの消化率向上を期待して、高温高圧蒸煮方式／原料自体のチキン油による天ぷら方式を検討したい。羽毛込みのホールミールは加工コストが安くなる。アミノ酸バランス的には S アミノ酸が豊富なので大豆粕との相性が良い。肝臓などの内臓込みなので、通常の国産チキンミールに比べて犬猫の嗜好性が良いであろう。

② 高蛋白質トウモロコシ蒸留粕 DDG(5, 7, 8, 9)

高蛋白質 DDG は S (ソリュブル) をフィードバックしていない。表に示した新しい高蛋白質 DDG は、C・H・O から成るバイオエタノールの収量向上を目的とした製造工程の中で、結果的に副産物の DDG は N を含む蛋白質が多くなる。開発間もないので何通りかの製造方法があり、品質や成分的にブレがあるので、使用する場合はメーカーを指定することが望ましい。表の高蛋白質 DDG は、通常の新 DDGS に比べてリジン多いが、エタノール発酵工程で酵母も増殖するので、10%以上の酵母菌体を含有する。酵母はリジンが特異的に多くその結果、表の高蛋白質 DDG はリジン含量が多いと考えられる。性状は粒度 0.5mm 以下が 85%の微粉末である。蛋白質／リジンが多いことから、養殖魚用には新 DDGS よりも適していると考えられる。離乳子豚に対して大豆粕は消化／便性状良いといえないが、高蛋白質 DDG は子豚人工乳に適していると推察する。

③ ポテトプロテイン(2)

表の通り含硫アミノ酸／リジン共に多い。ポテト澱粉製造の副産物で新規原料とはいえないが、流通量少ないこともあり見過ごされていた蛋白質源である。アメリカではポテト澱粉製造の副産物がペットフードに利用され、好評である。

④ エクストルーダ加工(10)の大豆粕

飼料製造の歴史においてエクストルーダ加工／穀粒ポップ加工は、最も革新的加熱技術である。加熱処理の品温が 100℃を超えると、飼料品質は明らかに向上するが、その認識が低くエクストルーダの活用に物足りなさを感じている。なお、エクスペンダーはエクストルーダに比し処理温度が低く加熱効果も小さい。

幼動物における大豆粕の消化性／便性状は良いといえないが、エクストルーダはそれを改善する。大豆粕のエクストルーダ加工に関しては、かつてKS社が特許を出願したと記憶しているが、取得できたとしても特許期限は切れたであろうから問題ないと思う。

ボイラーによる温水養鰻における有胃魚の鰻の体温は高めなので、そのプロテアーゼ活性は鯉／フグよりは高いと考えられ、大豆粕への結晶アミノ酸の補足効果が期待できる。しかし、練り餌においては大豆粕中に残存するアミラーゼが α 澱粉の粘結性を劣化するので、その面から大豆粕の配合限度がある。その対策として大豆粕はエクストルーダの高温高压処理によって、アミラーゼの失活／炭水化物の消化率向上が期待できる。

脱皮大豆粕に結晶メチニンまたはMHA（水酸化メチオニン類似体）を1%程度添加⇒エクストルーダ加工⇒クランブル化（顆粒）は、原物の蛋白質60%クラスの魚粉よりも養殖魚種によっては良質な蛋白質原料になる可能性がある。

⑤ エクストルーダ加工(10)のトウモロコシ蒸留粕 DDGS

バイオエタノール副産物 DDGS の炭水化物には繊維類多いせいか単胃動物の消化率は良いといえないが(2)、エクストルーダ加工をすればその消化率は向上するだろう。アミノ酸バランス的に相性の良い「新 DDGS と脱皮大豆粕の混合物」をエクストルーダ加工するのも興味深い。

【あとがき】

確定的な定説よりも、一歩先の革新的考えを好む。それ故に勇み足もあるかと思う。本稿の提案については、皆さんのお考えを聞き技術論を深めたい。

「養殖魚における必須アミノ酸の吸収時間差はアミノ酸補足効果に影響する（仮説）」のヒントになった栄養化学概論を執筆した名古屋大学・芦田 淳先生に敬服し、その栄養化学概論を教科書に採用してくれた宇都宮大学・西 宏先生に感謝している。

【参考資料】

- (1) 芦田淳：栄養化学概論, 226-227 (1958), 養賢堂(東京)
- (2) 農業・食品産業技術総合研究機構編：日本標準飼料成分表(2009), 中央畜産会(東京)
- (3) 本澤清治：日本畜産技術士会会報, 44, 20-24(1995)
- (4) K. A. Rosentrater：アメリカ穀物協会 NETWORK , 46, 8(2007)
- (5) Badger State Ethanol 社(アメリカ)：ビ・エックス商会提供(東京, 2010)
- (6) 宮崎ら：群馬農業研究 C 畜産, 10 号(1993)
- (7) B. G. Kim et al., 斎藤守抄訳：科学飼料, 55 (5) 172-173(2010)
- (8) B. Jung&A. Batal, 土黒定信抄訳：科学飼料, 55 (7) 235-236(2010)
- (9) E. J. Kim et al., 土黒定信抄訳：科学飼料, 55 (7) 236-237(2010)
- (10) 本澤清治：加熱・加圧処理による子豚プレスターターにおけるハイオイルコーンの需要創造, 日本畜産技術士会会報, 53, 12-13(1999)