

## 養殖用配合飼料におけるアミノ酸利用について

誌名	栄養生理研究会報
ISSN	02864754
著者	三代, 健造
巻/号	50巻2号
掲載ページ	p. 1-6
発行年月	2006年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 養殖用配合飼料におけるアミノ酸利用について

三代 健造

(林兼産業株式会社・飼料事業部研究課)

### 1. はじめに

養殖は当初、とる漁業に比べ生産量が少なかったため、産業として養殖の認知度は低かった。しかし、近年の人口増加によるタンパク質需要量の増加および海洋資源の永続的な維持のため、とる漁業からつくる漁業への転換が求められるようになった。その結果、世界水産生産量の約30%を占める魚類タンパク質の供給源として養殖は重要な産業となった。それに伴い、養殖用飼料は、生産者が身近で手配可能な小魚など主体の生餌から、安定した品質で大量入手が安易な配合飼料へと転換が進められた。

養殖用配合飼料は、EP (Extruded Pellet) などの固形飼料の使用が多く、その成分はタンパク質と脂肪が主体で、成長する魚体に応じて飼料の大きさを変えていく必要がある、といった陸上家畜用配合飼料 (畜産用配合飼料) とは異なる特徴を持つ。

表1に示すように養殖対象種は陸上家畜に比べ多種多様であり、魚種および成長ステージごとに異なった栄養要求を持ち、飼料効率は飼育環境や給餌管理により大きく変動するために適正な飼養標準は確立されておらず、飼料成分の公定規格も国内ではニジマス、コイ、アユおよびウナギでしか定められていない。したがって、養殖用配合飼料の成分組成は養殖場で対象魚種が健康かつ安定

表1. 養殖対象種

	魚種名
淡水魚	コイ・フナ・ウナギ・マス類 (ニジマス・ヤマメ・アマゴ・イワナ)
	アユ・ドジョウ・ティラピア・チョウザメ・ベヘレイ
海水魚	ブリ・マダイ・ヒラメ・トラフグ・ギンザケ・カンパチ・ヒラマサ
	サバ・アジ・ハタ・クエ・スズキ・シマアジ・オコゼ・カサゴ メバル・カワハギ・クロマグロ
甲殻類	クルマエビ・イセエビ・ガザミ・テナガエビ
貝類	カキ・ホタテ・アワビ・アサリ・サザエ・ハマグリ・シジミ
海藻類	ワカメ・コンブ・アマノリ・モズク
その他	スッポン・ゴカイ・ウニ類・ナマコ・ホヤ

Application of amino acids in development of aquafeed

Kenzo Mishiro (Hayashikane Sangyo Co., Ltd.)

した摂餌を示し、最大限の増体と飼料効率を得ることができた成分を目安として決定されているのが現状である。ここでは、このように配合飼料としては特異的な成り立ちの養殖用配合飼料において、アミノ酸がどのように利用されているかを概説する。

## 2. 養殖用配合飼料におけるアミノ酸の利用

養殖用配合飼料において、アミノ酸は大別して(1)必須アミノ酸の補足、(2)摂餌誘因、(3)生理活性向上、(4)肉質改善を目的として利用されている。市販配合飼料では、これらの目的に応じて、結晶アミノ酸やアミノ酸を多く含有する原料を選択して利用している。

### (1) 必須アミノ酸の補足目的

魚類の必須アミノ酸は、イソロイシン、ロイシン、バリン、スレオニン、メチオニン、トリプトファン、フェニルアラニン、ヒスチジン、アルギニン、およびリジンの10種とされている。必須アミノ酸は、魚種毎に要求する比率が異なるとされており、必須アミノ酸のバランスは総ての魚種で解明されているわけではないが、肉食性の養殖魚では、魚粉などの動物性タンパク質を主原料として使用しているために必須アミノ酸を補足する必要はない。しかし、BSE発生による畜産由来原料の使用規制や養殖生産量増大による魚粉の高騰と不足から、動物性タンパク質の配合を極力抑え、植物性タンパク質を主原料とした配合飼料の検討が迫られており、植物性タンパク質の栄養価改善のためにアミノ酸の利用が研究されている。

高木ら<sup>1)</sup>によるマダイを用いた結晶アミノ酸添加効果の試験成績を表2と表3に示した。試験は、動物性タンパク質原料である魚粉を50%含む飼料を対照区とし、魚粉量を対照区の10分の1にした試験-1区と、試験-1区に制限アミノ酸であるリジン、メチオニンを結晶アミノ酸で補足した試験-2区を設け、平均魚体重180gのマダイを2ヶ月飼育した。その結果、表3のとおり、アミノ酸を補足しない試験-1区は対照区に比べ成長および飼料効率が著しく劣ったが、アミノ酸を補足した試験-2区は試験-1区より成長および飼料効率が有意に改善されており、アミノ酸補足による植物性タンパク質の栄養価改善が報告されている。

表2. 必須アミノ酸補足試験飼料組成

	対照区 魚粉使用	試験-1区 魚粉代替	試験-2区 魚粉代替+アミノ酸
組成(%)			
小麦粉	35	20	20
魚粉	50	5	5
オキアミミール	3	3	3
濃縮大豆タンパク		52	52
魚油	3	7	7
L-リジン塩酸塩			1.03
DL-メチオニン			0.76
その他	9	13	11.21
一般成分(%)			
粗タンパク質	48.2	47.1	47.3
粗脂肪	10.5	9.3	9.1
粗糖質	20.4	24.5	24.4

表3. 必須アミノ酸補足試験 飼育結果

	対照区 魚粉使用	試験-1区 魚粉代替	試験-2区 魚粉代替+アミノ酸
魚体重(g)			
開始時	11.8	11.7	11.6
終了時	68.8	27.5	46.1
日間摂餌率(%)	2.89	2.79	2.63
飼料効率(%)	84.7	44.6	77.2
生残率(%)	91.7	80.0	73.3
成長倍率(%)	583	235	397
Ht(%)	34.1	28.8	43.2

市販配合飼料においても、動物性タンパク質から植物性タンパク質へと代替する場合には、必須アミノ酸の補足としてリジンやメチオニンが使用されている。

## (2) 摂餌誘因目的

陸上動物は嗅覚により低分子の揮発性化合物を知覚し、味覚により水溶性化合物を受容するが、魚介類は嗅覚、味覚とも水溶性化合物に応答し、摂餌行動と嚥下行動を行う。

感覚器を刺激して摂餌促進活性を持つアミノ酸は、自然界で摂餌する餌料のエキスを存在するアミノ酸に類似すると言われており、表4のように摂餌促進活性があるアミノ酸は魚種によって異なる<sup>2)</sup>。また、アミノ酸単体よりもアミノ酸混合物や核酸、糖質、有機酸との併用により摂餌促進効果が高くなると言われている。

表4. 魚種別の摂餌誘因アミノ酸

魚種	摂餌促進活性が認められるアミノ酸
ウナギ	アラニン、グリシン、プロリン、ベタイン
コイ	アラニン、グリシン、バリン
マス	チロシン、フェニルアラニン、リジン、ヒスチジン
ティラピア	アラニン、セリン、グルタミン酸、アスパラギン酸、リジン
ドジョウ	アルギニン、ヒスチジン、リジン
マダイ	アラニン、グリシン、グルタミン酸、アルギニン、リジン、バリン
フグ	アラニン、グリシン、プロリン、セリン、タウリン、ベタイン
ブリ	アラニン、グリシン、プロリン、セリン、タウリン、ベタイン、メチオニン
クルマエビ	アラニン、グリシン、プロリン
アワビ	リジン、アルギニン、ヒスチジン、オルニチン

アミノ酸の摂餌誘因への利用を実施例で紹介する。市販配合飼料を対照区とし、これに摂餌誘因アミノ酸とされるアラニン、グリシン、ベタインをそれぞれ飼料1kg中に500mg、500mg、200mgになるよう添加した試験区を設け、平均魚体重0.17gのシラスウナギを28日間飼育した。その結果、表5に示すように、試験区は対照区に比べ、摂餌量と成長倍率が有意に高くなり、摂餌誘因ア

ミノ酸の添加効果が認められた。スッポンでは、飼料にグルタミン酸を0.1%添加することで摂餌量の増加が認められ、養殖場で利用されている。

表5. ウナギ飼料への摂餌誘因アミノ酸添加効果

試験区	総重量(kg)		摂餌量(kg)	成長倍率(倍)
	開始時	終了時		
対照区	15.9	102	150	6.40
試験区	13.9	123	182	8.87

養殖用配合飼料における摂餌誘因の目的は、前述した飼料摂取量の向上のほかに、飼料原料中の摂餌抑制因子のマスクによる嗜好性の改善もある。特に植物性原料には、養殖魚に対して忌避効果を示す物質（ソラニン、サポニンなど）を含むものがあり、十分な栄養価を持つ原料であっても摂餌性の低下により使用できない場合があったが、摂餌誘因アミノ酸を添加することで、摂餌性を改善し、飼料原料選択の幅を広げることが可能となっている。

市販配合飼料では、遊離アミノ酸を多く含む酵母抽出物やオキアミ、イカなどの魚介類抽出エキス、各飼料メーカー独自のアミノ酸のプレミックスなどが使用されている。

## (3) 生理活性物質として

必須アミノ酸以外に、生体維持に必要なアミノ酸もしくはペプチドがあり、様々なものが養殖用配合飼料に利用されている。

## 1) タウリン

タウリンはメチオニンがシステイン硫酸→ヒポタウリンと酸化され生成される。システイン硫酸をヒポタウリンに酸化するシステイン硫酸脱炭酸酵素 (CSD) 活性や別の生成経路であるシステアミンジオキシゲナーゼ活性が、魚種や成長ステージによって異なり、ブリやクロマグロ、ヒラメなどの肉食魚やマダイ稚魚ではCSD活性がほとんどないか低いいためタウリンが必須栄養素と言われている。

通常、タウリンは魚粉中に多く含まれるため、飼料に添加する必要はないが、魚粉から植物性タンパク質へ代替したときに、成長や飼料効率低下に加え、緑肝症などの問題が発生する。緑肝症はタウリン不足から赤血球の脆弱化とともに溶血が生じ、胆汁色素のビリバージンが過剰に肝臓で増加するため発症するといわれており、ブリの無魚粉飼料へタウリンを添加することにより飼料効率の改善と緑肝症発生抑制が可能と報告されている。

水産庁の委託事業である高品質配合飼料開発試験報告書<sup>3)</sup>より試験例を示す。試験は、表6に示したように、魚粉53%含む飼料を対照区とし、魚粉を全量抽出大豆タンパク質に置き換えアミノ酸補正をした無魚粉飼料にタウリンを0、0.13および3.0%添加した試験飼料（試

表6. ブリ用飼料へのタウリン添加効果 飼料組成

	対照区	試験-1区	試験-2区	試験-3区
	魚粉使用	無魚粉	無魚粉+タウリン0.13%	無魚粉+タウリン3.0%
組成(%)				
小麦粉	21.0	15.7	15.7	15.7
魚粉	53.0			
濃縮大豆タンパク		58.0	58.0	58.0
魚油	11.0	15.0	15.0	15.0
L-リジン塩酸塩		1.0	1.0	1.0
DL-メチオニン		0.5	0.5	0.5
タウリン			0.1	3.0
その他	15.0	9.8	9.7	7.2
一般成分(%)				
粗タンパク質	44.4	46.9	48.7	49.9
粗脂肪	14.1	13.7	10.9	10.5
粗糖質	16.5	20.0	21.4	21.7

験-1~3区)を平均魚体重240gのブリに給餌し286日間飼育した。その結果、表7に示すように無魚粉飼料区はタウリン添加量の増加に伴って成長、飼料効率が改善され、試験-3区では対照区と同等の成績を示している。また、緑肝症もタウリン添加量の増加に伴い発症率が著しく低下したことから、ブリはタウリンを要求し、低・無魚粉飼料にはタウリンを補足する必要が示唆される。

残念ながら安価な合成タウリンはまだ飼料添加物として認可されておらず、天然由来のタウリンは非常に高価なため、無魚粉配合飼料の市販には到っていない。

表7. ブリ用飼料へのタウリン添加効果 飼育結果

試験区	飼料中の タウリン含量(mg/g)	平均魚体重(g)		増肉係数	日間摂餌率 (%)	斃死率 (%)
		開始時	終了時			
対照区	4.1	240±30	886±19	2.6	0.97	7.0
試験-1区	0.8	245±34	596±19	4.4	1.37	66.3
試験-2区	2.6	234±36	787±15	2.5	0.92	2.1
試験-3区	21.7	235±29	915±17	2.1	0.87	1.1

## 2) グルタチオン

グルタチオンはグルタミン酸とシステインとグリシンからなるトリペプチドで、脂質の酸化防止、過酸化脂質（ヒドロペルオキシド）、活性酸素の毒性消去、肝細胞や赤血球の細胞膜保護などの作用がある。さらに、活性酸素を消去する酵素（グルタチオンペルオキシダーゼ）の基質となる。そのため、グルタチオンは環境変化や脂質の過剰投与などのストレスがかかる時に添加すると有効とされている。

村井ら<sup>4)</sup>はブリを用いてグルタチオンによる酸化油脂の解毒作用を報告している。試験は、飼料に対しタラ肝油を5%添加したものを対照区とし、試験-1区にはヒドロペルオキシドを生成させるために強制酸化させたタラ肝油を5%添加したもの、試験-2区には、酸化油脂に還元型グルタチオンを0.1%添加した飼料を用いて、平均体重約3gのブリ稚魚を4週間飼育した。その結果、表8に示すように酸化油脂を給餌した試験-1区

表8. ブリ 酸化脂質毒性とグルタチオンの解毒作用

試験区	平均魚体重(g)		飼料効率 (%)	死亡率 (%)
	開始時	終了時		
正常油	3.2	17.8	17.8	0.0
酸化油	3.2	16.8	16.8	23.0
酸化油+グルタチオン	3.2	18.1	18.1	0.0

では、対照区に比べ成長が劣り、死亡率も23%に達したが、グルタチオンを添加した試験-2区は試験-1区と同じ酸化油脂を添加したにも拘わらず対照区とほぼ同等の

成長を示し、斃死も認められなかった。また、試験-1区は肝機能指標のひとつである血清中のGOT, GPT活性も上昇したのに対し、試験-2区は対照区に近い数値となった。このことからグルタチオンが体内でヒドロペルオキシド消去を助け、酸化物質の毒性を軽減のみでなく、肝臓酵素の活性化に関与している可能性が明らかとなった。

グルタチオン製剤は水産用医薬品として登録され肝機能障害改善に利用されており、グルタチオン高含有酵母が抗ストレス作用を目的に市販配合飼料で使用されている。

## 3) トリプトファン

トリプトファンは、脳内の興奮を鎮める神経伝達物質のセロトニンや、サーカディアンリズムを安定させるとされるメラトニンへと転換される。この点に着目し、トリプトファンレベルを高めた飼料を、種々のストレスにより噛み合いをして飼育効率が低下するトラフグに給餌した試験を報告する。試験は、市販配合飼料を対照区とし、これにトリプトファンを100mg/体重kg/日になるよう添加したものを試験区とし、平均魚体重110gのトラフグを3ヶ月間飼育した。その結果、表9に示すようにトリプトファン水準が高い試験区が成長、生残率、飼料効率の総てで対照区より良好な結果となった。また、噛み合いによる尾鰭欠損率も試験区が低かったため、供試魚を飼育水から取り上げ10分間放置する方法でストレスを負荷して血中コルチゾールを分析したところ、

表9. 高レベルトリプトファン投与がトラフグに及ぼす影響

試験区	平均魚体重(g)		生残率 (%)	飼料効率 (%)	成長倍率 (%)	尾鰭欠損率 (%)	血中コルチゾール (μg/dl)
	開始時	終了時					
対照区	108	224*	87.8*	56.8*	207*	25.6*	2.39*
トリプトファン区	109	234	91.1	61.8	215	14.4	0.68

\*: 有意差有 (P<0.05)

試験区と対照区で有意な差が生じた。このことから高水準のトリプトファンがトラフグのストレス抑制に何らかの影響を及ぼしていることが示唆された。

#### 4) その他

貝類では、溶存態の栄養素として遊離アミノ酸を取り込み、カキやアコヤガイではグリシンの取り込みに優れ、浸透圧耐性を高めることが報告されている。ほかにも、アミノ酸、ペプチドやその関連化合物として魚介類の生理活性に影響するものには、ラクトフェリン、ヒスタミン、カルニチンなどが報告<sup>5)</sup>されており、一部は市販配合飼料に使用されている。

#### (4) 品質改善目的

グリシン、アラニン、プロリン、セリンなどの遊離アミノ酸が味の主成分である甲殻類において、これらのアミノ酸を多く含む原料を飼料中に高配合することにより旨味が向上するとされ、市販配合飼料に用いられている。また、マダイやヒラメなど筋肉中に脂肪が少ない俗に言う自身魚においても同様のことが行われている。

養殖魚の味の数値基準が存在しないため、効果のほどは不確定ではあるが、アミノ酸水準を強化した飼料を給餌すると、筋肉中の遊離アミノ酸量が有意に増加するデータもあり、畜産のような差別化生産物を生み出していくためにも、今後の研究に期待される。

### 3. まとめ

以上、養殖用配合飼料でのアミノ酸利用について簡単に紹介した。養殖用配合飼料は、畜産用配合飼料に比べ栄養生理学的な研究開発の歴史が浅く、生産性と環境の共存を目指した適正な飼料標準の確立や配合飼料の公定規格策定を目的とした研究も官学民により継続中である。また、養殖を有用な動物性タンパク質の生産と確保という視点で考えると、魚粉などの動物性タンパク質でなく、植物性タンパク質ならびに人が利用できないタンパク質を飼料のタンパク質源として利用していく必要があり、その試験研究も積極的に行われている。これら飼料や栄養生理の研究が進むにつれて、今後さらにアミノ酸の有効利用方法が確立されると思われる。

#### 【 引用 文 献 】

- 1) 高木修作 2002. マダイ用魚粉削減飼料の開発に関する研究. 70-78.
- 2) 原田勝彦編 1994. 魚介類の摂餌刺激物質. 55-65. 恒星社恒星閣.
- 3) 愛媛県 2001. 魚類養殖対策調査事業報告書, 高品質配合飼料開発試験報告書, 111-124.
- 4) 村井武四・秋山敏男・尾形博・鈴木徹 1988. ハマチ稚魚に対する酸化油脂の毒性とグルタチオンによる解毒作用. 日本水産学会誌, 54:145-149.
- 5) 中川平介・佐藤実編 2003. 養殖魚の健全性に及ぼす微量栄養素. 54-68. 恒星社恒星閣.