

## ビールを飲むと魚が育つ

山本剛史

別に、松阪牛のように魚にビールを飲ませて霜降り肉の魚を作ろうという話ではありません。また、私達が飲んだビール代の一部が養殖魚の餌代に充当されるという話でもありません。それではビールと魚がどう関係するのでしょうか。私達が普段何気なく飲んでいるビールですが、泡のたっているビールの液体以外の部分について目を向けてみましょう。ビールの瓶や缶（別にビールだけに限ったことではありませんが）を、資源の有効利用のためリサイクルしようという意識が国民の間に浸透し、回収、再利用が進みつつあります。しかし、容器だけの回収では不十分ではないでしょうか。今回はビールの製造過程で生じ、一定の栄養分を含んでいるにもかかわらず、あまり再利用されることなく捨てられていた“カス”に注目し、魚の飼料原料として利用しようというお話です。

魚類養殖が始められた当初、餌としてはイワシやサバなどの生魚や家畜の食肉加工の際生じる残渣等のいわゆる“生餌(なまえ)”が用いられていました。しかし、これら生餌では、(1) 品質が一定でなく、また栄養に偏りがあること、(2) 安定的な供給が難しく、また、保管に大きな設備がいること、(3) 給餌の際の食べこぼしが多く、環境を汚染すること等の多くの問題点が指摘されてきました。そこで、養殖魚種毎にタンパク質や脂質、アミノ酸や脂肪酸、ビタミン、ミネラル等の栄養素の要求量が明らかにされ、各魚種の栄養要求特性に合った配合飼料が作られて市販されるようになりました。

これら配合飼料のタンパク源としては、安価で魚類にとって栄養価が極めて高い、多獲性魚類を乾燥・粉砕した魚粉が多用されてきました。魚粉原料となる多獲性魚類として、以前は北洋で漁獲

されるスケトウダラ等が用いられ、スリ身の加工残渣から製造される北洋魚粉が配合飼料タンパク源の主体でした。しかし、1976年以降の米国や旧ソ連の200海里水域の設定により、それらの水域内でスケトウダラ等の大部分を漁獲していた我が国の漁船は撤退を余儀なくされたため、北洋魚粉の生産量は急減し、価格が高騰しました。これに代わって、我が国沿岸で大量に漁獲されていたマイワシ等の赤身魚から製造される魚粉、つまり沿岸魚粉が生産されるようになり、北洋魚粉にとって代わるようになりました。しかし、1988年には450万トンもの漁獲をあげていたマイワシ資源も近年減少傾向にあります。また、養殖魚生産量の増大や、先に述べたような生餌から配合飼料への転換により、魚粉に対する需要がますます高まっているのが現状です。

一方、牧草あるいは植物性素材の添加割合の高い配合飼料を食べて大きくなる家畜と異なり、生魚や、魚粉を多く含む配合飼料を食べる養殖魚の生産は、動物性タンパク質の利用の面では合理的でなく、資源の無駄使いであるという批判が一部にあります。

外国でも同様な情勢から、麦類やとうもろこしなどの穀類、大豆粕や綿実粕などの油粕類を養魚飼料へ利用するための研究が進められています。特に大豆粕は生産量や価格が安定していることから養魚飼料原料として広く検討されています。日本でも、主として米国から輸入した大豆から食用油を搾り取った大豆粕の利用性について研究が進められています。大豆粕は他の植物性素材と比べ、タンパク質の含量が約50%と高く、また、他の動物性および植物性の素材とうまく組み合わせればかなりの割合で飼料に配合できることが実験結果

から明らかとなっています。しかし、魚粉のような動物性素材と異なり、大豆粕の利用に際しては、(1)タンパク質分解酵素阻害物質（トリブシンインヒビター）等の生理阻害物質を含む、(2)含硫アミノ酸が少ないなどタンパク質を構成する必須アミノ酸のバランスが良くない、(3)可消化エネルギー含量が低い、(4)リンなどの無機物の利用性が悪い等の問題点に留意する必要があります。

次に本題のビール粕の話ですが、ビールの製造には、大麦を発芽させた麦芽（モルト）と、場合によっては米やコーンスターチが副原料として用いられています。ビール製造の最初の糖化工程でこれらを麦芽の持つ酵素で分解し、濾過して得られた分解液（麦汁）にビール酵母を加えて発酵させるとビールができます。麦汁を搾り取った後の麦芽の殻皮を主体とする残渣がビール粕であり、水分を75～80%含んでいます。ビールを製造すると、水分を含む原物基準でビール：ビール粕＝7：1、乾物基準で4：1の重量比でビール粕が大量に生成されます。ビール粕はそのまま、あるいは乾燥させて繊維質を消化できる乳牛や肉牛の飼料として用いられますが、用途が限られており、利用されることなく焼却処分されている量もかなりあります。

このビール粕を飼料原料として見た場合、乾物でもタンパク質が25%と低く、また、ヘミセルロースやセルロース等の繊維質を60%近くも含んでいるという致命的な欠陥があります。魚類、特に肉食性の魚類にとって、主に麦芽の殻皮に由来する繊維質が消化吸収し難いことから、この素材を養魚用飼料に本格的に利用しようという試みはほとんどありませんでした。しかしながら、麦芽に含まれるタンパク質の大部分は殻皮内側の糊粉層（aleurone layer）にタンパク粒子として存在することが以前から知られていました。ビールの糖化工程でその一部は分解されてうま味成分となりますが、糊粉層は殻皮に付着したままビール粕となるため、麦芽タンパク質の大半はビール粕に残

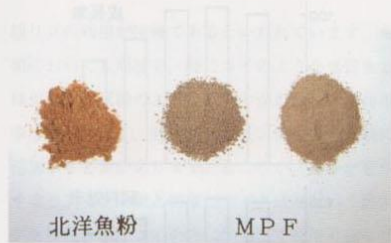


写真1. MPFの外観（左は北洋魚粉）

表1. 飼料タンパク素材の一般成分（乾物値）

	MPF	大豆粕	小麦粉	北洋魚粉	沿岸魚粉
粗タンパク(%)	53	47	18	71	71
粗脂肪(%)	14	2	3	10	11

されています。したがって、ビール粕から殻皮を除去できればタンパク質に富む素材が得られ、養魚飼料原料としても利用可能ではないかと考えられていました。

この点について、私達の研究室はビールメーカーの最大手であるキリンビール(株)の研究開発部門と検討を進めていました。最近同社は、低コストで、かつ化学的な処理を行わず、機械的な処理でビール粕から殻皮を除去し、タンパク質含量を高めた粉末麦芽タンパク（Malt protein flour、以下MPFと略す）を製造する技術を開発しました。現在、MPFの飼料原料としての有効性を検討するため、当研究所と本社との間で共同研究が始まり、MPFを配合した飼料を用いてニジマス稚魚等への給餌試験を行っています。

写真1にMPFの外観を示しました（左は北洋魚粉）。薄茶色で粒子も粗く、魚の食欲を誘うような香りもなく、一見とても飼料原料としては使えそうもない代物です。試験用飼料の製造の際には、魚の大きさを考慮して乳鉢で粉砕したものを使用しました（中央は粉砕前のMPF、右が粉砕後のMPF）。表1にMPFおよびその他の主要な飼料素材の一般成分を示しました。MPFにはタンパク質が乾物基準で50～55%含まれています。また、脂質含量は10数%でリノール酸とパルミチ

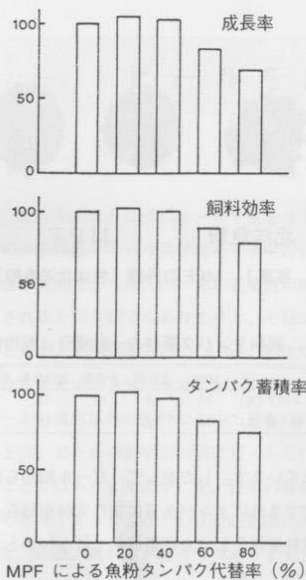


図1. ニジマス稚魚飼育結果 (MPF 添加量の検討)

MPF 無添加区の成績を 100とした各試験区の数値

表2. 飼料タンパク素材のアミノ酸含量 (タンパク質中の割合)

	MPF	大豆粕	北洋魚粉
アルギニン	5.0	7.9	6.8
ヒスチジン	2.0	2.5	2.2
イソロイシン	3.9	4.8	4.6
ロイシン	9.3	8.8	8.7
リジン	3.4	6.8	8.7
メチオニン	1.7	1.3	3.4
シスチン	2.5	1.8	1.4
フェニルアラニン	5.8	5.5	4.6
チロシン	3.9	4.0	4.0
スレオニン	3.2	4.3	5.0
トリプトファン	0.5	0.5	0.6
バリン	4.5	4.6	5.2
アラニン	5.0	4.8	6.5
アスパラギン酸	5.9	11.9	9.5
グルタミン酸	24.7	22.1	15.8
グリシン	3.5	4.6	6.3
プロリン	10.8	5.7	4.7
セリン	4.6	5.8	5.1

ン酸が大部分を占めています。その他 MPF には粗灰分が約 2%, 繊維質が約 30% 含まれていますが、デンプン等の可消化性の炭水化物は糖化工程

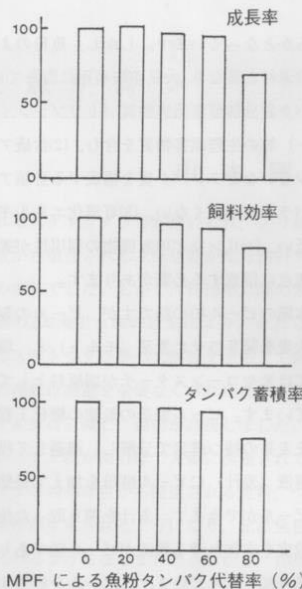


図2. ニジマス稚魚飼育結果 (アミノ酸添加効果の検討)

MPF 無添加区の成績を 100とした各試験区の数値

で分解され麦汁の方へ移行しているためほとんど含まれていません。

MPF を用いた給餌試験では、まず飼料中の魚粉をどれくらい MPF で代替できるかをニジマス稚魚を用いて調べてみました。その結果、図1に示されるようにタンパク源として北洋魚粉のみを用いた対照飼料のタンパク質の40%を MPF で置換しても成長や飼料効率、タンパク質等の利用効率に影響がないことがわかりました。表2には MPF とその他の飼料素材のアミノ酸組成を示しました。MPF には、大豆粕で不足するメチオニンやシスチンが大豆粕より多く含まれています。また、魚粉と比べるとグルタミン酸やプロリンがかなり多く含まれています。そこで給餌試験の第2段階では、アミノ酸組成の改善の面から MPF の利用率を高めることを目的として、MPF を含む飼料に対照飼料の必須アミノ酸組成と同じになるように結晶アミノ酸を添加してみました。その

結果、図2に示されるように成長や魚体内でのタンパク質の蓄積率が改善され、魚粉の60%までMPFで代替できることがわかりました。

大豆粕の場合、利用性を向上させるため、適切な加熱処理によりトリプシンインヒビターを除去したり、養殖研等の研究からアルコール抽出処理により溶血作用を持つサポニンを除去する必要があります。しかしながら、これら一連の給餌試験の結果から、MPFは大豆粕のように加熱やアルコール抽出等の特別な処理を施さなくても、ニジマス稚魚飼料の魚粉のかんりの部分を代替できる優れた素材であることが明らかになりました。

加えるに、MPFの大きな特色として、他の植物性素材と異なり、発芽種子が原料となることがあげられます。種子が発芽すると細胞内の種々の酵素が活性化され、種子成分の変化を促します。ビール製造時の糖化工程では麦芽が持つ活性化されたアミラーゼがデンプンを分解します。また、麦芽にはタンパク質分解酵素も含まれ、先に述べたように麦芽に含まれるタンパク質の一部を分解してビールにうま味を与えています。このようにMPFが活性化された酵素を含む麦芽を原料にしていることは、大豆粕のような休眠種子を原料とする素材と違って魚類の代謝に何らかのよい影響を与えていることも考えられます。例えば、発芽種子由来の素材の優れた点の1つとして、リンの利用性の向上があげられます。リンは骨格形成に重要であり、不足すると骨格異常はもとより成長の低下をもたらします。しかし、大豆のような休眠種子ではリンの多くはマグネシウムやカルシウムとともにフィチンという化合物中に貯蔵されています。家畜などの動物では一般にフィチン

の利用が困難であるといわれています。魚類においても同様で、特にコイのような無胃魚では魚粉や大豆粕のような原料中からのリンの利用率は極めて低く、利用可能なリン化合物を飼料に添加する必要があります。ところが、種子が発芽するとアミラーゼと同様にフィターゼという酵素が活性化され、フィチンに作用して利用可能なリン酸を分離します。大麦においても発芽時にフィターゼが活性化されることが明らかになっています。MPFのリンの存在様式について分析すると、利用可能なリンの割合は約70%で、他の植物性素材に比べて極めて高く、発芽種子を原料としている利点を裏付けています。また、リン利用率の高いMPFが飼料原料として本格的に使われるようになれば、環境水の富栄養化防止にもつながり、環境保全の観点からも興味を持たれるところで

す。

養魚飼料原料として様々な食品産業副産物を利用しようという試みは以前からありましたが、実際には大豆粕および小麦やとうもろこしのグルテン以外はあまり利用されていません。MPFは、誰も考えつかなかったビール粕利用のアイデアから創られた極めて有望なタンパク素材です。

今後のMPF利用の課題としては、MPFの品質の安定化、タンパク質や可消化エネルギー含量の向上および大豆粕等の他の素材との適正配合割合の検討などがあげられます。さらにMPFに含まれる未知成分の栄養生理学的特性についても研究を深めて行き、日本が生んだ世界初の発芽種子に由来する飼料タンパク素材の有効性を世界にアピールしていきたいと考えています。

(栄養代謝部 栄養研究室)