養魚餌料成分の消化率について—I. 数種餌料蛋白質のニジマスにおける消化率

稲葉伝三郎・荻野 珍吉・高松 千秋

菅野 聖二・畑 博文

(1962 年 1 月 10 日受理)

DIGESTIBILITY OF DIETARY COMPONENTS IN FISHES—I. DIGESTIBILITY OF DIETARY PROTEINS IN RAINBOW TROUT.

Densaburo INABA*, Chinkichi OGINO*, Chiaki TAKAMATSU**
Seizi SUGANO* and Hirobumi HATA*

The digestibility of several dietary proteins in rainbow trout was estimated by the method using inert reference substance, Cr_2O_3 , as an indicator¹⁰⁾.

As shown in Fig. 1 and Table 2, the digestibility of dietary protein varied to some extent with days, size of fishes, and with the method of collection of feces in the same diet; the digestibilities determined by analyzing the feces excreted into pond water were higher than those estimated from the feces collected by stripping.

Among animal diets tested, a white fish meal-protein showed the highest value in digestibility, whereas protein of a whale-meat meal showed considerably low value; this might be due to high content of protein in the test diet. In vegetable diets, protein of a soybean meal showed high value of digestibility.

養魚餌料蛋白質の消化率については、試験魚としてコイやキンギョを使用して、あるいは人工消化試験法によつて測定した多くの結果が報告されている^{1)~9)}。魚に試験餌料を与えて測定する従来の方法は、摂餌量および排泄量を測定する必要があるため、かなり煩雑であるが、近年多くの動物で実施されているように^{9), 10)}指標物質を添加した試験餌料を動物に与えて測定する方法は、摂餌量や排泄量を測定する必要がないから、消化率の測定には便利であると思われる。魚類においても、能勢¹¹⁾はこのような方法によつて、キンギョおよびニジマスを使用して数種餌料蛋白質の消化に関する研究を行なっている。われわれは試験魚としてニジマスを使い、指標物質を添加する方法によつて数種餌料蛋白質の消化率を測定し、併せて同測定法に関する若干の吟味を行なつたので、その結果を報告する。

試料および実験方法

実験は昭和 35 年 8 月 11 日より 25 日にいたる期間に東京水産大学大泉実習場で行なつた。

餌料の種類および調餌法： 実験に使用した餌料の種類およびそれらの化学的組成を Table 1 に示す。おのおのの餌料に酸化クロームを 0.2% の含量になるように添加（クロームの含量は化学的方法によつて正確な含有量を測定した）したものに対し、小麦粉が 10% の割合になるように配合した。ただし、おからの場合のみは小麦粉を 20% にした。計算量の小麦粉を水とともに加熱し、糊状にしたものに餌料を加えてよくねり調餌した。

* 東京水産大学 (Tokyo Univ. Fish., Shiba Kaigandori 6, Minato-ku, Tokyo).

** 日本配合飼料 K. K. 研究場 (Lab. Nippon Formula Feed Manufact. Co., Ltd., Tsurumi, Yokohama).

Table 1. Chemical composition of the diets used.

Diet	Moisture	Crude protein	Crude fat	Ash	Crude fiber	Nitrogen free extract
Dried mysid	19.7%	56.3%	6.2%	12.6%		
Dried silk-worm pupa	8.2	55.6	23.8	3.3		
White fish meal	10.4	64.6	5.6	18.3		
Meat meal (Sperm whale)	10.6	83.2	2.4	5.0		
Meat meal (Fin whale)	10.6	77.2	4.6	4.4		
Pellet-diet of white fish meal	10.8	58.4	4.3	16.4	0.1	10.0
Soybean meal	12.4	47.0	0.9	6.3	4.8	28.5
Cotton-seed meal	10.9	34.9	2.2	5.7	13.4	32.9
Dried "Okara"*	10.5	19.8	12.5	3.7	19.1	34.4
Wheat flour	13.4	7.8	0.9	0.6	1.0	76.3

* Residues of soybean from which soluble proteins are extracted.

供試魚および飼育法： 体重 100g 前後および 10g 前後のニジマスを使用した。大型魚は 20 尾宛を，小型魚は 50 尾宛を一群として，5m×1m×1m の大きさのコンクリート池にて飼育した。供試魚は実験前に 2 日間絶食させ，次いで 3 日間試験餌料を与えて予備飼育を行なった。投餌は魚体重の 2% の量の餌料を毎日 7 時より 8 時の間，および 14 時より 15 時の間に 1 日 2 回行なった。実験期間中水温は 11℃ で一定であった。

ふんの採り方： 池底に排泄したふんを網ですくい取る方法と，魚の直腸付近を静かに圧して採取する 2 方法を行なった。池底に排泄されたふんは随時にとり，腹部を圧するとり方は 16 時より 18 時の間に行なった。採取したふんは直ちに 90℃ で 24 時間乾燥し，デシケーター中に保存した。

餌料およびふんの分析法： 餌料およびふん中のクロムは，試料をニッケルするつば中で過酸化ソーダと溶解してのち，ジフェニールカルバジッド試薬を使用する比色法によつて定量した¹²⁾。全-N はマイクロケルダール法によつて定量した。

消化率の計算： 次式によつて計算した¹⁰⁾。

$$\text{消化率} = 100 - \left(100 \times \frac{\text{餌料中の } \text{Cr}_2\text{O}_3(\%) }{\text{ふん中の } \text{Cr}_2\text{O}_3(\%) } \times \frac{\text{ふん中の蛋白質}(\%) }{\text{餌料中の蛋白質}(\%) } \right)$$

実験結果および考察

魚を使用して餌料成分の消化率を測定するとき，できるだけ組成に変化を与えないようにふんを採ることは困難な操作の一つである。今回の実験では自然排泄したふんを随時に網ですくい取る方法と，魚の腹部を静かに圧して採る方法を行なった。排泄されたふんは水中ではその組成の変化を防ぐことはできないであろうし，その変化は水中にある時間が長いほど著しいと考えられる。また腹部を圧してふんを採取する方法は未吸収の部分まで出ないとはいえないし，また体液などの混入が起こるおそれもある。餌料蛋白質の消化率がふんの採り方によつてどれだけ異なるかを見るため，イサザ，サナギおよびフィッシュミールにつき，ふんの採り方を変えて，毎日あるいは 1 日おきの消化率を測定し，Fig. 1 に示す結果を得た。また各種餌料蛋白質の消化率の測定結果を Table 2 に示した。消化率は Fig. 1 および Table 2 に見られるように，自然排泄したふんの分析結果より得られた値のほうが腹部を圧してふんをとつた場合よりも高かった。両方法により得られた値の差異はフィッシュミールの場合がもつとも小さかった。これは餌料の種類によつて排泄されるふんの性状が異なるためであろう。また毎日の消化率の値の変動は，腹部を圧した場合のほうが大きく，自然排泄のふんより得た値のほうが小さかった。しかし両方法によつて測定した値の平均値の差は 10% 以下であった。

Fig. 1. Changes of digestibility of dietary protein by days, size of fishes used, and by the method of collecting feces.

1. Average body weight, 100g; number of fishes, 20; the feces were collected by stripping.
2. Average body weight, 100g; number of fishes, 20; the feces excreted into pond water were collected.
3. Average body weight, 10g; number of fishes, 50; the feces were collected by stripping.

同一餌料の消化率を大型魚および小型魚で比較すると、同じふんの採り方をしたとき、サナギおよびフィッシュミールの場合は小型魚のほうが高い値を示したが、長須鯨肉粉の場合はほとんど差異は認められなかった。

Table 2 に示されているように、動物性餌料のなかではフィッシュミールおよびこれよりつくつたペレットの蛋白質がもつとも高い値を示した。フィッシュミール蛋白質の消化率に関して、能勢¹¹⁾および平尾¹³⁾はサナギ蛋白質より劣ることを報告している。この相異がなにによるのか明らかでないが、おそらく使用したフィッシュミールの製造方法、貯蔵期間、貯蔵方法などの相異によるのであろうが、これらの点は充分追試の必要があるように考えられる。今回の実験で使用したものは北洋産のホワイティフィッシュミールであつて、その品質は極めて良好なものであつた。素干イサザ、乾燥サナギの蛋白質の消化率も高かつたが、鯨肉粉の場合はあまりよくなかつた。鯨肉粉を使用したときは他の餌料の場合と異なり、ふんは粘液状で、排泄されると水に溶けるような状態であつたので、測定はすべて腹部を圧して得たふんで行なつた。鯨肉粉の場合は、試験餌料の蛋白質含量が他の場合と比較して著しく高かつたことがその原因であろうと考えられる。蛋白質含量が高過ぎたため未だ充分の消化、吸収が行なわれない間に排泄されたことが考えられる。

植物性餌料では大豆粕が 80% 以上の消化率を示し、次いで棉実粕で、おからでは低かつた。赤築⁸⁾および能勢¹¹⁾は蛋白質の消化率は餌料中の蛋白質含量によつて変動することを報告している。今回の実験において大豆粕の消化率が高いのは棉実粕やおからに比して蛋白質含量が高いことによるのか、あるいは使用した餌料蛋白質の本質的な消化性の差異によるのか明らかでない。大豆粕や棉実粕蛋白質の消化率が比較的高いことは経済的な意味においても注目すべき点であると考えられる。

Table 2. Digestibility of several dietary proteins in rainbow trout.

Diet	Fish used	Method of collecting feces	Crude protein content in diet used (on dry basis)	Digestibility of dietary protein	Remarks
Dried mysid	A*	P***	60.6 %	82.1±6.2 %	Mean of 8 determinations
"	A	E****	"	89.2±2.6	" 9 "
Dried silk-worm pupa	A	P	56.4	82.1±4.7	" 7 "
"	A	E	"	89.2±2.1	" 8 "
"	B**	P	"	89.3±1.3	" " "
White fish meal	A	P	65.5	88.9±1.8	" 7 "
"	A	E	"	92.7±1.4	" 8 "
"	B	P	"	91.5±2.9	" " "
Meat meal (Sperm whale)	A	P	84.0	75.0±8.1	" 6 "
Meat meal (Fin whale)	A	P	78.8	65.8	Calculated by analyzing feces pooled for 8 days
"	B	P	"	64.0	" for 9 days
Pellet-diet of white fish meal	A	P	59.7	89.1	" for 4 days
"	A	E	"	91.7	" for 7 days
Soybean meal	A	P	50.2	80.9	" for 3 days
"	B	P	"	86.5	" for 6 days
Cotton-seed meal	A	P	35.9	74.5	" for 4 days
"	A	E	"	56.5	" for 2 days
Okara§	B	P	19.6	44.3	" for 7 days

* A: Average body weight, 100g; 20 fishes in one group.

** B: Average body weight, 10g; 50 fishes in one group.

*** P: Feces were collected by slight press of abdomen.

**** E: Feces excreted into pond water were collected by scooping with net.

§ Residues of soybean from which soluble proteins are extracted.

要 約

指標物質を添加した餌料を用いてニジマスにおける数種餌料蛋白質の消化率を測定し、次の結果を得た。

1. ふんの採り方によつて消化率は異なり、水中に排泄されたふんの分析結果より求めた値は、腹部を圧して得たふんより求めた値よりも高かつた。

2. 測定に大型の魚を使用した場合と小型の魚を使用した場合の同一餌料蛋白質の消化率は差異がある場合と認められない場合があつた。

3. 動物性餌料のうちフィッシュミールの蛋白質は、これまでの研究結果と異なり、もつとも高い消化率を示した。

4. 植物性餌料のうち大豆粕蛋白質は高い消化率を示した。

文 献

- 1) 中井信隆: 水産研究誌, **16**, 200 (1921).
- 2) 富山哲夫: 本誌, **3**, 247 (1935).
- 3) 山村弥六郎: 本誌, **3**, 249 (1935).
- 4) 花岡 資・古川 厚・小笠原義光: 本誌, **14**, 219 (1948).
- 5) 古川 厚・小笠原義光: 本誌, **17**, 255 (1952).
- 6) 古川 厚・小笠原義光: 内海区水研報., No. 5, 25, 31 (1953).
- 7) 花岡 資: 農学, **1**, 41 (1947).
- 8) 赤築敬一郎: 農水講研報., **6**, 109 (1956).
- 9) 高橋正也・亀岡暄一・森本 宏: 農技研報., No. 10, 37 (1953).
- 10) MAYNARD, L. A. and J. K. LOOSLI: Animal Nutrition, pp. 269~270, Mc Graw-Hill Book Comp., Inc., New York (1956).
- 11) 能勢健嗣: 淡水区水研報., **10**, 1, 11 (1960).
- 12) 重松恒信: 比色分析法 II, (分析化学講座) p. 102, 共立出版 K. K., 東京 (1956).
- 13) 平尾秀一・山田充阿弥・菊池 嶺: 東海区水研報., No. 27, 67 (1960).