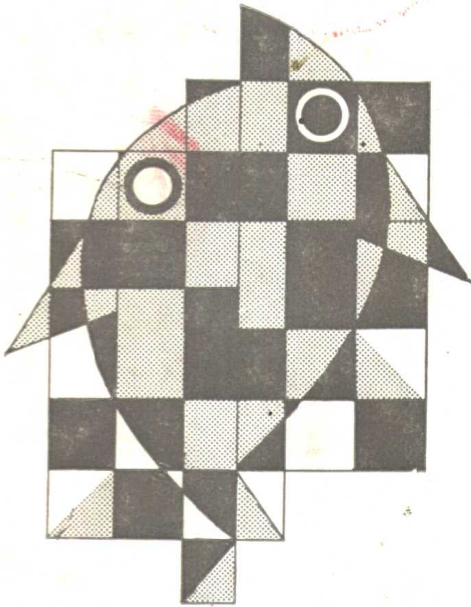


日本水産学会監修

養魚飼料

—基礎と応用—

米 康夫 編



内容と執筆者

まえがき……………米 康夫

I 米 養

1. タンパク質とアミノ酸…………… 荻野珍吉
2. 脂 質…………… 手島新一
3. 炭水化物…………… 米 康夫
4. ビタミン…………… 池田静徳
5. ミネラル…………… 清水千秋
6. エネルギー代謝…………… 能勢健嗣

II 仔稚魚用飼料

7. 生物餌料…………… 北島 力
8. 仔魚の消化吸收機構…………… 渡辺良朗
9. 微粒子飼料…………… 金沢昭夫

III 実用飼料

10. 海水魚飼料…………… 竹田正彦
 11. 淡水魚飼料…………… 青江 弘
 12. 親魚飼料…………… 渡辺 武
- 総合討論…米 康夫・池田静徳・渡辺 武他

水産学シリーズ

54

日本水産学会監修

養魚飼料

—基礎と応用

米 康夫 編

1985・4

恒星社厚生閣

出版委員

石井丈夫 小倉通男 鴻巣章二 清水 潮
須山三千三 野村 稔 羽生 功 尾藤方通
平野礼次郎 山川健重

水産学シリーズ〔54〕

定価1800円

養魚類飼料——基礎と応用 Fish Nutrition and Diets

昭和60年4月15日発行

編 者 米 康 夫

監 修 社団 日本水産学会
法人

〒108 東京都港区港南4-5-7

東京水産大学内

発行所 〒160 東京都新宿区三栄町8 株式会社 恒星社厚生閣
振替 (東京) 0-59600
Tel (359) 7371~5

©日本水産学会, 1985, 興英文化社・風林社塚越製本

ISBN4-7699-0532-7 C3362 ¥1800E

ま え が き

昭和47年に魚類の栄養に関するシンポジウムが日本水産学会で開催されて以来、すでに12年を経過した。その間に水産増養殖対象魚の栄養と飼料に関する基礎的および応用的研究は著しく進歩した。特に必須脂肪酸要求の種特異性、ステロールとリン脂質の必要性、糖代謝能、炭水化物の利用性、ビタミンCとEの要求量と作用、飼料に添加すべき無機質などに関する研究とそれらの基礎的知見に基づいた生物餌料の栄養価改善、微粒子飼料・ハマチ用飼料および親魚飼料の開発などについての研究の進展には目覚ましいものがある。

一方、最近の養殖業にみられる動向として養魚飼料に対し、従来とは異なった側面からの社会的要請が加えられてきた。この時、今までに明らかになった点を総括し、問題点を指摘して今後の研究方向に指針を得ることは意義がある。

このような観点から日本水産学会は昭和59年10月3日、秋季大会の一行事として、「魚類の栄養と飼料」と題する下記のシンポジウムを東北大学農学部において開催した。

シンポジウム

魚類の栄養と飼料

企画責任者 米 康夫（九大農）・能勢健嗣（養殖研）

渡辺 武（東水大）・金沢昭夫（鹿大水）

開会の挨拶

I. 栄養

1. タンパク質
2. 脂質
3. 炭水化物

4. ビタミン
5. 無機質
6. エネルギー代謝

II. 仔稚魚用飼料

1. 生物餌料
2. 仔稚魚の消化吸収

米 康夫（九大農）

座長 金田 尚志（東北大農）

荻野 珍吉（東海大海洋）

手島 新一（鹿大水）

米 康夫（九大農）

座長 竹内 昌昭（水産庁）

池田 静徳（京大農）

清水 千秋（東大農）

能勢 健嗣（養殖研）

座長 平野礼次郎（東大農）

北島 力（長崎水試）

渡辺 良朗（東北水研）

- | | |
|-----------|-----------------------|
| 3. 微粒子飼料 | 金沢 昭夫 (鹿大 水) |
| Ⅲ. 実用飼料 | 座長 北村佐三郎 (オリエンタル酵母工業) |
| 1. 海水魚用飼料 | 竹田 正彦 (高知大 農) |
| 2. 淡水魚用飼料 | 青江 弘 (日清製粉) |
| 3. 親魚飼料 | 渡辺 武 (東水大) |
| Ⅳ. 総合討論 | 座長 米 康夫 (九大 農) |
| | 池田 静徳 (京大 農) |
| | 渡辺 武 (東水大) |
| | 金沢 昭夫 (鹿大 水) |
| 閉会の挨拶 | 金沢 昭夫 (鹿大 水) |

本書は当日の話題提供者をわずらわせて取りまとめた話題内容と質疑応答、総合討論の要旨を記録したものである。本書が魚類栄養・生化学および水産増殖の進展に一助となれば幸いである。

終りに、シンポジウムの実施に当って御尽力賜わった関係者ならびに座長各位に厚くお礼申し上げる。

昭和60年1月

米 康 夫

養魚飼料——基礎と応用 目次

まえがき米 康夫..... 1

I. 栄 養

1. タンパク質とアミノ酸荻野珍吉..... 9
 - §1. タンパク質の要求量(9) §2. 必須アミノ酸の要求量(13)
2. 脂 質手島新一.....20
 - §1. 必須脂肪酸および油脂の栄養価(20)
 - §2. EFA 要求の種特異性と脂肪酸代謝(21)
 - §3. エネルギー源としての脂質の利用(22)
 - §4. 仔稚魚用飼料におけるリン脂質の必要性(24)
 - §5. 甲殻類における脂質栄養の特異性(26)
3. 炭水化物米 康夫.....31
 - §1. 糖代謝能(31) §2. 飼料炭水化物至適量と糖代謝能との関連性(36) §3. 各種炭水化物の利用性(36)
 - §4. 難消化性多糖類の栄養的効果(37)
4. ビタミン池田静徳.....43
 - §1. ビタミン要求量(43) §2. ビタミン要求に影響する因子(46) §3. ビタミンの免疫増強活性(49)
 - §4. 今後の課題(51)
5. ミネラル清水千秋.....54
 - §1. 陸上脊椎動物におけるミネラルの役割(54) §2. 魚類におけるミネラルの役割(56) §3. 養魚飼料に添加すべきミネラルの検索法(56) §4. 養魚飼料に添加すべき微量元素(TE)の検索例(58) §5. 環境水からのミネラルの吸収(59)
6. エネルギー代謝能勢健嗣.....64
 - §1. 飼料のエネルギー価の表示方法(64) §2. MEの推定の可能性(68) §3. 可消化エネルギー測定上の問題点(71)
 - §4. 必要エネルギーの推定(73)

II. 仔稚魚用飼料

7. 生物餌料北島 力.....75
 §1. 餌料系列および餌料生物の種類(75) §2. ワムシ(76) §3. アルテミア(79) §4. その他の餌料生物(82) §5. 2, 3の問題点と今後の展望(83)
8. 仔魚の消化吸収機構渡辺良朗.....89
 §1. 消化器官の発達(89) §2. 仔魚の消化吸収機構の特徴(91) §3. 仔魚用餌料が備えるべき条件(94) §4. 組織学的検査による飼料の適否判定(95)
9. 微粒子飼料金沢昭夫.....99
 §1. 微粒子飼料の分類(99) §2. 微粒子飼料の作成(100) §3. 微粒子飼料の飼料素材(102) §4. 微粒子飼料による幼生の飼育(102) §5. 奇形に対する微粒子飼料の効果(106)

III. 実用飼料

10. 海水魚用飼料竹田正彦..... 111
 §1. 市販飼料の概要(111) §2. ハマチ用飼料(112) §3. その他の海水魚用飼料(119) §4. おわりに(120)
11. 淡水魚用飼料青江 弘..... 123
 §1. 原材料使用量の推移(123) §2. 魚種別配合飼料の組成(125) §3. 飼料添加物(130) §4. むすび(132)
12. 親魚飼料渡辺 武..... 135
 §1. アユ(135) §2. コイ(136) §3. ニジマス(137) §4. マダイ(140)
- 質疑・総合討論 146

Fish Nutrition and Diets

Edited by YASUO YONE

I. Nutrition

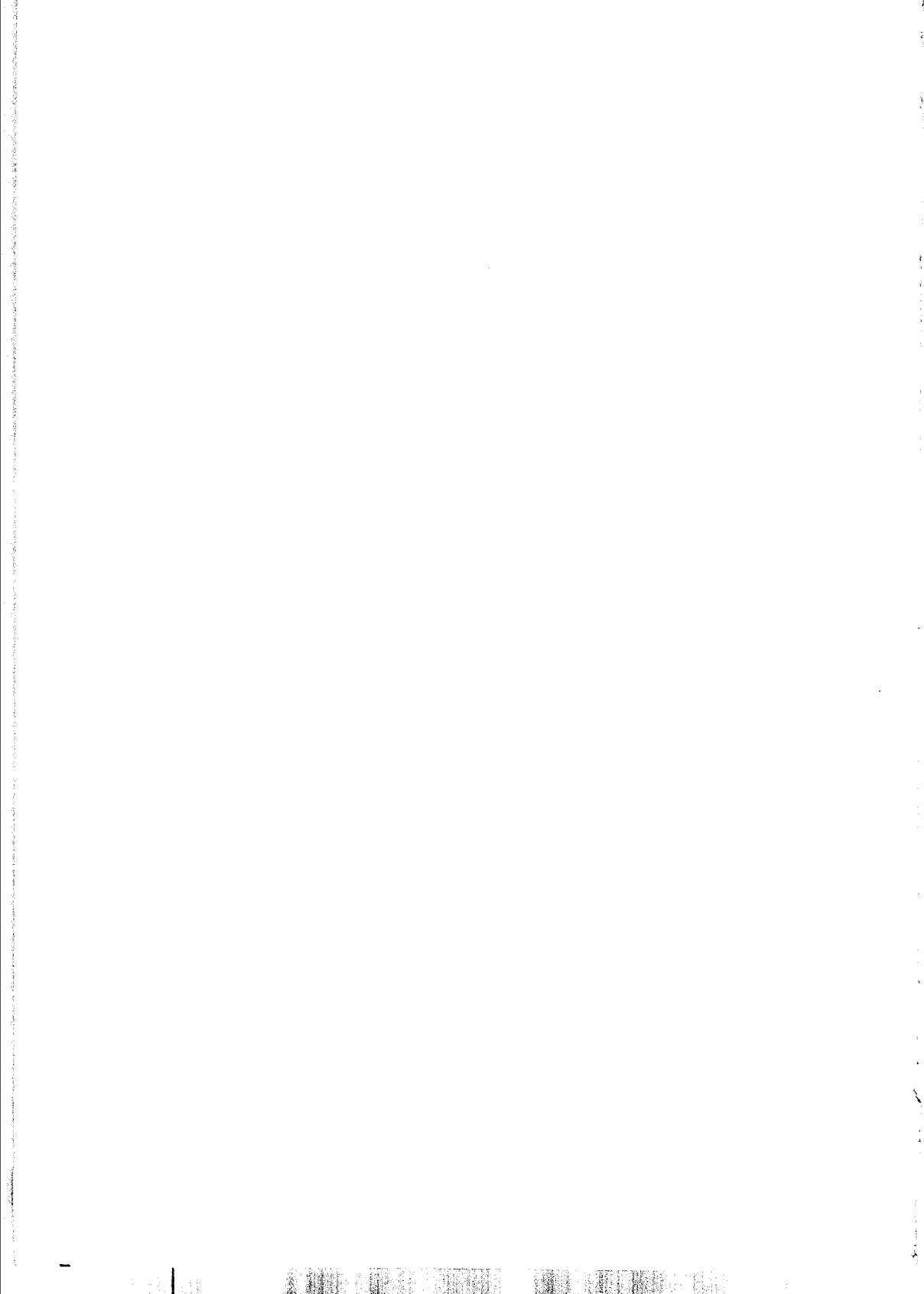
- | | |
|-----------------------------|-------------------|
| 1. Proteins and amino acids | CHINKICHI OGINO |
| 2. Lipids | SHIN-ICHI TESHIMA |
| 3. Carbohydrates | YASUO YONE |
| 4. Vitamins | SHIZUNORI IKEDA |
| 5. Minerals | CHIAKI SHIMIZU |
| 6. Energy metabolism | TAKESHI NOSE |

II. Diets for fish larvae

- | | |
|--|-------------------|
| 7. Living foods | CHIKARA KITAJIMA |
| 8. Digestion and absorption in fish larvae | YOSHIROU WATANABE |
| 9. Microparticulate diets | AKIO KANAZAWA |

III. Practical diets

- | | |
|---------------------------------|------------------|
| 10. Diets for marine fishes | MASAHIKO TAKEDA |
| 11. Diets for freshwater fishes | HIROSHI AOE |
| 12. Diets for fishes | TAKESHI WATANABE |



I. 栄 養

1. タンパク質とアミノ酸

荻野 珍吉*1

飼料成分としてのタンパク質については多くの問題点が考えられるが、ここでは魚類のタンパク質および必須アミノ酸の要求量に焦点を絞り、これらについての研究を紹介する。

§1. タンパク質の要求量

1-1 要因加算法で求めた要求量

消化管より吸収されたアミノ酸が、魚体中でどのように使われるかを簡略化して表わすとの次ようになる。

吸収されたアミノ酸 = 魚体タンパク質およびその他のN化合物の合成
+ エネルギー源

$$I = I_m + I_g + I_e$$

吸収されたアミノ酸 (I) は、魚体タンパク質およびタンパク質以外のN*2化合物の合成に使われ、これらに使われなかったアミノ酸は分解し、エネルギー源 (I_e) として使われる。魚体タンパク質およびタンパク質以外のN化合物の合成は、維持のための合成 (I_m) と成長のための合成 (I_g) に分けて考えることができる。

魚類のタンパク質要求量あるいは飼料の至適タンパク質含量を求めるには、最適の飼育条件の下における (I_m + I_g) の最大値を知ることが必要である。無タンパク飼料で飼育したときに排泄させる代謝性Nおよび内因性Nの和 (不可避N損失) を基準として、これに必要なNを加算してタンパク質の要求量を求める方法は要因加算法¹⁾ と呼ばれているが、右田ら²⁾ は同様の方法でコイのタ

*1 東海大学海洋学部

*2 窒素はNで示す

ンパク質要求量を求めている。その後、魚類ではこのような方法を応用した報告は極めて少ない。

荻野^{3,4)}が体重 1.5~165g のコイを用い、水温 20~27°C で測定した不可避Nの排泄量は、0.14g/kg/日 (I_m) であった。また最適と考えられる飼育条件の下で、体重 2g 前後のコイは 0.80g/kg/日の N (I_g) が増加した。すなわち 1日に 0.94g の N ($I_m + I_g$) に相当するタンパク質 (5.8g) が最低でも必要である。これだけの量のタンパク質を保留するために摂取しなければならないタンパク質の量は、タンパク質の質と飼料のエネルギー源の組成によって変化する⁵⁾。いまカゼイン程度の栄養価のタンパク質を用いたとき、0.94g の N を保留するのに必要な摂取量の点におけるタンパク正味利用率 (NPU) は平均 50 である^{3,5)}。したがって、飼料より摂取せねばならないタンパク質は、 $5.8 \times 2 = 11.6g$ となる。この値は N の最大蓄積を基準として求めた小型コイのタンパク質要求量である。

1.2 N 出納法で求めた要求量

N の出納 (NB) とは N の摂取量 (I) とふん (F) および尿 (U) へ排泄された N との差をいう。すなわち

$$NB = I - (F + U)$$

の式で示すことができる。NB が最大のプラスの値になる N の摂取量を求めると、その点は N の最大蓄積を基準としたタンパク質の要求量である。

荻野⁶⁾が体重 87~419g のコイを用い、カゼインをタンパク源

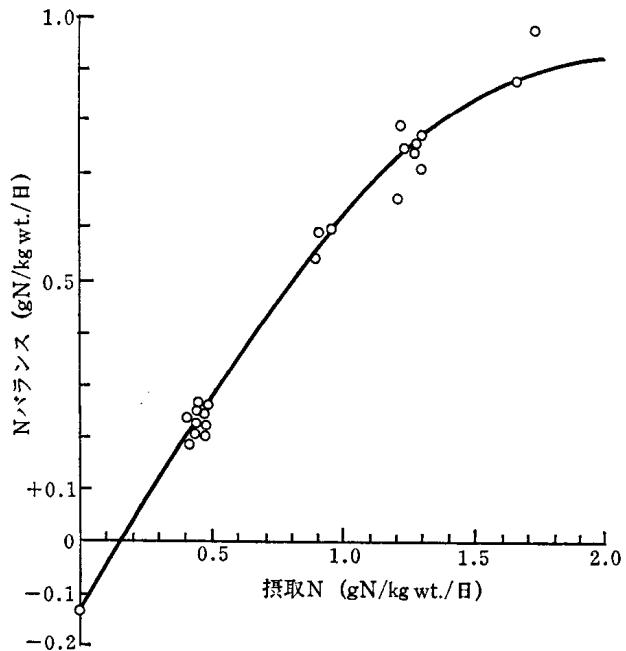


図 1.1 コイで測定した摂取NとN出納との関係

とした飼料を与えて測定した、Nの摂取量とNBとの関係を図1・1に示す。図にみられるように摂取Nが0.15g/kg/日付近でNBがゼロの平衡に達し、1.8g/kg/日付近でプラス0.90gの最高値になった。すなわちコイにおいてNの最大蓄積量は0.90g/kg/日であり、この量のNが保留されるためにはカゼインをタンパク源とした飼料のとき、Nとして1.8gに相当するタンパク質(11.2g)を食べる必要があることを示している。上記の結果より、要因加算法およびN出納法で求めたコイのタンパク質要求量は、11~12g/kg/日といふことができる。

1.3 タンパク質の利用効率

タンパク質の摂取量が増加すると、その利用効率は低下する^{8,9,7)}。いま、コイにカゼインをタンパク源とした飼料を与えたとき、吸収Nと蓄積N、維持およびエネルギー

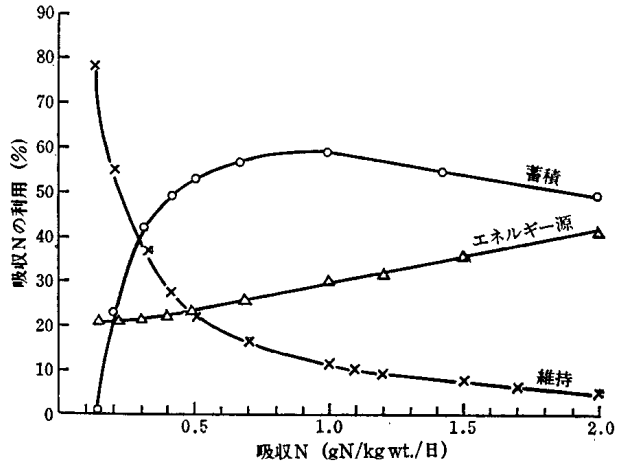


図1-2 コイで測定した吸収Nと維持、蓄積およびエネルギー源として使われるNとの関係(タンパク質がカゼインのとき)

源として使われるNとの関係を図1・2に示す⁸⁾。吸収N(カゼインは消化率が高いので摂取Nと考えてよい)⁹⁾がNの蓄積(成長)に対して最高の効率を示すのは1.0g/kg/日であるが、この効率は0.9~1.3gの範囲で高い。コイで測定した飼料のタンパク質含量とNの蓄積量/Nの摂取量 $\times 100^*$ の値との関係は、図1・3にみられるように飼料のタンパク質含量が20~30%の範囲

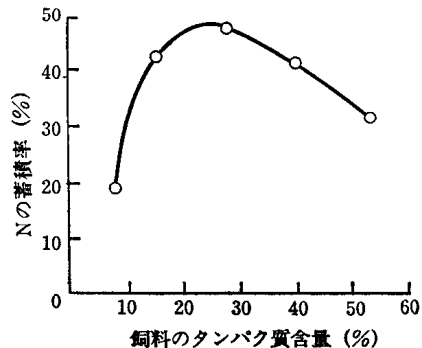


図1-3 飼料のタンパク質含量とNの蓄積率との関係(コイ)

* Nの利用率¹⁰⁾、Nの蓄積率¹¹⁾、Productive Protein Value¹²⁾、あるいは見かけのNPU¹²⁾などと呼ばれている。

て高い^{5,13)}。すなわち通常の飼育条件の下では、このタンパク質含量の範囲で摂取Nが1.0g/kg付近になることを示している。Nの蓄積率が吸収Nの1.0g/kgで最高の値を示すことは、吸収Nが1.0g/kgまたは成長曲線が直線に近い形で上昇するが、この点をすぎるとしだいに屈曲し、最大のN蓄積は前述のように、摂取Nの1.8g/kg付近になることを示している。吸収Nが0.9~1.3g/kg/日（タンパク質として5.6~8.1g）で飼料タンパク質は高い効率で成長に利用されるから、飼料の至適タンパク質含量を考えると重要な意義がある。

1.4 飼料タンパク質の至適含量

Nの蓄積が最大になる点を基準として求めたコイのタンパク質要求量は、タンパク源としてカゼインを用いたとき、11~12g/kg/日であった。しかし成長に対するNの利用効率は、5.6~8.1g/kg/日のタンパク質を摂取したときに高い。いま、Nの最大蓄積を基準とした要求量を11gとし、Nの利用効率（蓄積率）が高いタンパク質の摂取量を7gとし、給餌率と飼料のタンパク質含量との関係を求めると表1.1に示すようになる。Nの最大蓄積に要するタンパク質の含量も、成長に対する利用効率が最大になる含量も給餌量によって変化する。コイの場合、平均給餌率を2~3.5%の範囲で考えると、35~50%

表 1.1 給餌率と飼料の至適タンパク質含量

給餌率	成長に対する利用効率が最大になるタンパク質含量	Nの蓄積量が最大になるタンパク質含量
1.5%	47%	73%
2.0	35	55
2.5	28	44
3.0	23	37
3.5	20	31
4.0	18	28

が妥当なタンパク質含量と考えられる。竹内ら^{14~16)}は、飼料のエネルギー源が適切に配合されていると、コイもニジマスも35%のタンパク質含量の飼料で正常に成長し、何ら生理的な異常もみられなかったことを報告している。

飼料の至適タンパク質含量を決めるには、給餌率、Nの蓄積量およびタンパク質の利用効率を考慮することが重要である。これらは飼育の環境条件、タンパク質の質（栄養価）および飼料のエネルギー源の組成の影響を受けることが大きい。

§2. 必須アミノ酸の要求量

2.1 要求量の測定

必須アミノ酸 (EAA) の要求量は、結晶アミノ酸の混合物、あるいは少量のタンパク質とアミノ酸との混合物をタンパク源とした飼料で魚を飼育し、一定期間内の成長量を測って求められている。多くの魚種はタンパク質の代りにアミノ酸の混合物を利用できるが、タンパク質の場合と比較すると成長が劣る場合が多く、また、ほとんど成長しない魚種もあることが知られている^{17,18)}。

アミノ酸の混合物をタンパク源として使用することは、飼料のアミノ酸含量を自由に調節できるという利点があるが、一方、いかにも不自然な条件下での飼育という欠点が考えられる。また、このような実験にタンパク質だけを用いることは、自然ではあるが目的とするアミノ酸の含量を調節することが困難である。以上のように従来行われてきた要求量の測定は、実験方法にやや不備な点があるように考えられる。

動物体を構成しているタンパク質の EAA 組成に基づいて、その要求量を求めることは、古くよりいろいろの方法が試みられている^{19,20)}。アミノ酸の分析方法が進歩した現時点において、魚類においても分析的手法を多くとり入れて EAA の要求量を求めることも可能であろうと考えられる。このような方法で魚類の EAA 要求量を求めるに当って、測定法の基礎となる次の諸事項、すなわち、(1)鶏卵タンパク質の魚類に対する栄養価、(2)魚体構成タンパク質の EAA 組成および(3)魚のタンパク質合成量を明らかにしておく必要がある。

2.2 鶏卵タンパク質の栄養価

鶏卵のタンパク質は、異なる種類の動物に対して高い生物価 (BV) を示し、その EAA 組成はタンパク質栄養価の評価において、比較の標準として用いられている。魚類を用いて行った鶏卵タンパク質の栄養価に関しては、コイを用いて卵黄タンパク質(アルコールで変性させた試料)

表 1-2 ニジマスを用いて測定した数種タンパク質の PER および NPU (タンパク質レベル30%の飼料で測定)

タンパク質	PER	NPU
卵黄	3.8	60
全卵	3.8	61
卵アルブミン	3.9	62
肉タンパク (ニジマス)	3.8	62
肉タンパク (スルメイカ)	3.9	62
カゼイン } 1:1 混合	3.9	61
肉タンパク }		
カゼイン } 1:1 混合	3.8	63
全卵 }		
カゼイン	3.5 ; 3.6	56 ; 58

の BV を測定した荻野・陳の報告²¹⁾, また, ニジマスを使用して卵黄, 卵白および全卵タンパク質 (何れもアルコールで変性させた試料) のタンパク効率 (PER) および NPU を測定した荻野・南梨の研究²¹⁾ (表 1・2) がある. これらの結果より変性させた鶏卵のタンパク質は, 哺乳動物だけでなくニジマスやコイに対しても高い BV を示すことが明らかである.

表 1・2 によると, ニジマスおよびスルメイカ筋肉より調製した肉タンパク質の測定値も鶏卵タンパク質と差異が認められないが, カゼインの場合はやや低い値である. しかしカゼインと肉タンパク質あるいは全卵とを 1:1 の割合で混合した試料の PER や NPU は, 卵タンパク質と差異はみられない. EAA の含量がそれぞれ異なる各種タンパク質が, 鶏卵タンパク質と同様に高い BV を示すことは, タンパク質の栄養価を決定する要因は, まず EAA がある量以上含まれているということであって, 各 EAA 含量の比率にはある程度の許容範囲があるものと考えることができる.

表 1-3 BV が高いタンパク質の EAA 含量
(N 16g 中のアミノ酸 g)

ニジマスに対して高い PER と NPU を示すタンパク質の EAA 含量を表 1・3 に示す. BV が少し低いカゼインは, 表の数値と比較してアルギニンおよびシスチンの含量が低い.

Leu	8.1~10.1	Arg	5.8~8.2
Ile	5.6~6.2	His	2.7~3.1
Val	5.0~7.3	Lys	6.3~10.0
Phe	5.1~7.4	Met	2.4~3.4
Tyr	3.6~4.6	(Cys) ₂	1.2~2.3
(Phe+Tyr)	8.9~11.7	(Met+(Cys) ₂)	3.7~5.5
Thr	4.8~5.4		
Trp	1.2~1.5		

2・3 魚体タンパク質の EAA 組成

タンパク質の生物価は EAA の含量だけでなく, 各 EAA 含量の比率によっても支配される. 魚類においても, ロイシン, イソロイシンおよびバリンのように構造的に類似性があるアミノ酸含量の比率が重要なことが^{22, 23)}, また, フェニルアラニンとチロシンあるいはメチオニンとシスチンの場合のように, 必須でないアミノ酸の含量が EAA の要求量に影響を与えることも報告されている²⁴⁻²⁶⁾. 一方, EAA の要求量は, これからつくろうとする魚体タンパク質の EAA 組成の影響を強く受けることは当然のことであろう. しかし吸収されたアミノ酸は, タンパク質の合成だけでなく, タンパク質以外の N 化合物の合成

にも使われ、また、魚体を構成している各種タンパク質の代謝回転の速度もそれぞれ異なっている。したがって、魚体タンパク質の EAA 組成が、そのまま魚類が要求する EAA の最適比率を示していると考えすることは厳密には正しくない。しかし、成長中の動物ではタンパク質の合成以外の目的に使われる EAA の量は、タンパク質の合成に使われる量と比較して、はるかに少ないと考えることができる。したがって、魚体タンパク質の EAA 組成は、飼料タンパク質の各 EAA の最適比率を考える上で重要な意義があるといえよう。この点に関し KETOLA²⁷⁾ は、サケ・マス類においては魚卵タンパク質の EAA 組成を重要視している。

魚体タンパク質のアミノ酸組成は、同一魚種でも仔稚魚の期間は成長段階によって多少変動するが²⁸⁾、ある程度成長すると魚種が異なってもほとんど差異がみられなくなる²⁹⁾。またアミノ酸組成は、哺乳類、鳥類また両棲類のものと比較しても大きな差異は認められない¹⁹⁾。この事実は、鶏卵のタンパク質が、ラットに対して、またコイやニジマスに対しても高い BV を示すことと深い関連があると考えられる。

カゼインの BV は鶏卵タンパク質より低い。カゼインをタンパク源とした飼料で魚類を飼育するとき、飼育魚の魚体タンパク質の A/E 比*に基づいて不足アミノ酸を添加すると、最も成長が改善されることが新井らによって報告されている^{30,31)}。この事実は、魚体タンパク質の EAA 組成が、飼料タンパク質の各 EAA の最適比率を決定す

表 1・4 コイ、ニジマス、ギンザケ、サクラマスおよび大西洋産サケの分析値より求めたタンパク質の平均 EAA 組成

	A/E 比		EAA 組成 (N 16g 中)
	範 囲	平均	
Leu	135~148	142	7.0%
Ile	71~96	78	3.8
Val	83~106	94	4.6
Phe	79~96	88	4.3
Tyr	58~72	65	3.2
(Phe+Tyr)		153	7.5
Met	51~67	58	2.8
(Cys) ₂	11~27	21	1.0
(Met+(Cys) ₂)		79	3.8
Arg	111~126	117	5.7
His	45~66	53	2.6
Lys	163~171	167	8.2
Thr	70~104	90	4.4
Trp	15~27	20	1.0
全 EAA, g/16g N	45~53	49	48.6

* 各 EAA 含量/全 EAA (チロシンおよびシスチンを含む) 含量×1000

る上で重要であることを示している。一方、魚種が異なっても魚体タンパク質のアミノ酸組成にほとんど差異がないことは、魚に要求される各 EAA の最適比率は、魚種によって大きな差異がないことを示しているといえよう。以上の点より魚類の EAA 要求量や EAA の比率を考えると、魚体タンパク質の EAA の平均組成を求め、これを基準として考察するのが良いと考えられる。いま、コイ⁴⁾、ニジマス^{4,32)}、ギンザケ³⁰⁾、サクラマス³¹⁾、および大西洋産サケ³²⁾の分析結果より、N16g 中の平均 EAA 組成を求めた結果を表 1・4 に示す。

2・4 要求量の測定

1・1 で述べたように、最適条件の下でコイを飼育すると 5.8g/kg/日のタンパク質が合成される。5.8g のタンパク質に含まれている EAA を、表 1・4 の平均組成より求めると表 1・5 に示すようになる。この値は N の最大蓄積を基準

表 1・5 魚体の平均 EAA 組成とタンパク質合成量より求めた EAA の最低必要量 (g アミノ酸/kg/日) と、これより求めたコイの EAA 要求量 (飼料タンパク質*中の含量で示す)

	魚体平均 EAA 組 成	タンパク質の合 成に用いられる EAA (体重 1 kg 1 日当り)	給餌率 2%	給餌率 2.5%	給餌率 3%
Leu	7.0%	0.41 g	6.0%	4.8%	4.0%
Ile	3.8	0.22	3.2	2.6	2.1
Val	4.6	0.27	3.9	3.2	2.7
Phe	4.3	0.25	3.6	2.9	2.5
Tyr	3.2	0.19	2.7	2.2	1.9
(Phe+Tyr)	7.5	0.44	6.3	5.1	4.4
Met	2.8	0.17	2.5	2.0	1.7
(Cys) ₂	1.0	0.06	0.8	0.7	0.6
(Met+(Cys) ₂)	3.8	0.23	3.3	2.7	2.3
Arg	5.7	0.34	5.0	4.0	3.3
His	2.6	0.15	2.2	1.8	1.5
Lys	8.2	0.48	7.0	5.6	4.7
Thr	4.4	0.26	3.8	3.1	2.6
Trp	1.0	0.06	0.8	0.7	0.6

* 飼料タンパク質, 40%; タンパク質の消化率, 85%.

として求めた EAA の最低必要量を示している。いま、飼料のタンパク質含量を 40%、消化吸収率を 85% と考えたとき、給餌率を体重の 2% より 3% まで変化させた場合に、飼料タンパク質に含まれねばならない各 EAA の計算値も表 1・5 に示されてる。また、給餌率が 2.5% のときの値と数種の魚類について報