

低魚粉飼料開発について

山本 剛史 (やまもと たけし)

国立研究開発法人 水産研究・教育機構
増養殖研究所 玉城庁舎
養殖システム研究センター 飼餌料グループ



【要約】ブリ類に低魚粉飼料を与えると飼育成績が劣る。栄養化学の面からバランスの良い飼料組成を考えているが、生理阻害物質の影響だけでなく、栄養要求の点でも情報が十分とは言えない。摂餌性が悪いということを知ることが、これは単に低魚粉飼料が不味いということではなく、摂餌したくないという問題が魚側にあると考えており、消化生理の面からの検討を行っている。一方、マス類に低魚粉飼料を与えて成長の良い個体を選抜すると、次世代では摂餌性が向上し、飼育成績が改善することが明らかになりつつある。これからは低魚粉飼料の栄養価の改善とともに、適宜、育種も組み合わせていくことが効率的な養殖の実践に有効ではないかと考えている。

ブリ類の低魚粉飼料開発について

1. 基礎的な知見の不足

- ・サケ・マス類で見られる生理障害
- ・必須栄養素の要求量

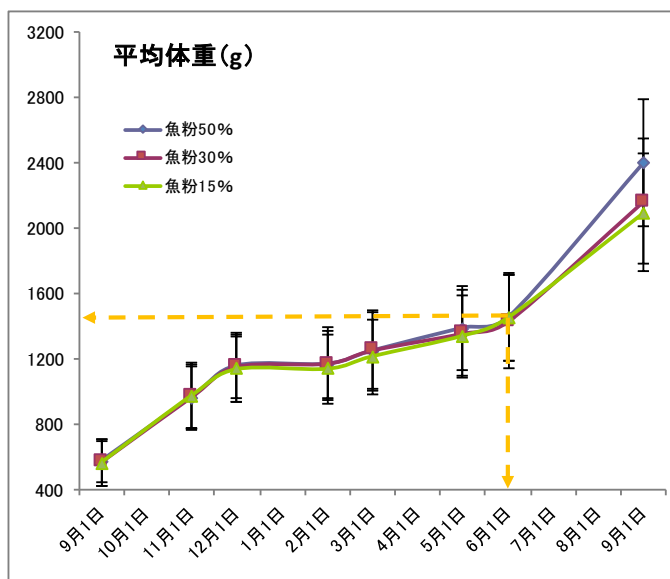
2. 摂餌性が悪い原因の究明

- ・摂餌誘引・促進の必要性
- ・消化刺激

3. 育種による飼育成績の改善

- ・マス類における摂餌性の向上
- ・研究を進める上で配慮が必要と思われる事項

低魚粉飼料を与えたカンパチの成長 (古満目庁舎, 飼料メーカーとの共同研究)



成長低下の原因

- ・ 高水温期？
9月以降, 差は広がらない
- ・ 飼育期間？
飼育9ヶ月までは差はない
- ・ 体重？
1.5kgまでは差はない

サケ・マス類における大豆の生理障害作用の解明まで

大西洋サケにおける大豆による腸管変性 (1991)

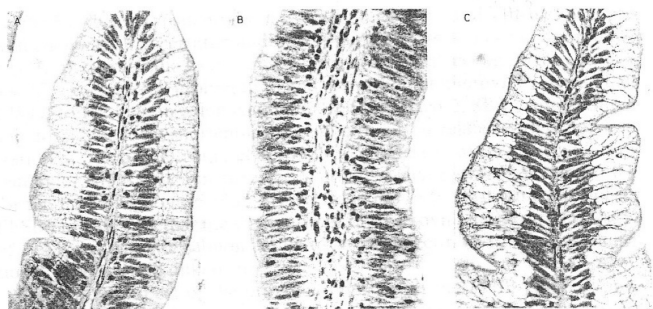
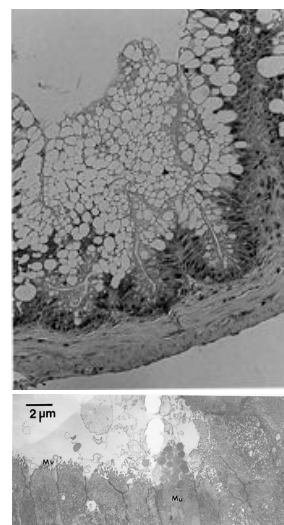


Fig. 1. Simple fold from distal intestine of Atlantic salmon. A, control herring meal group; B, full-fat soybean meal group; C, soybean protein concentrate group. A and C: well differentiated enterocytes with many absorptive vacuoles and delicate stroma. HE. B: enterocytes with a marked decrease or even absence of absorptive vacuoles; widened and hypercellular stroma. HE, obj. 40X.

ニジマスにおける大豆による腸管変性 (2004)



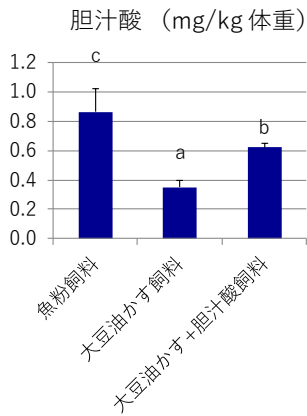
ブリにおける大豆による消化管重量の増加 (1993)

Table 4. Relative weights of digestive organs at the end of the experiment (%)

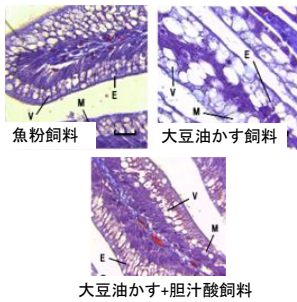
Soybean meal:	0%	20%	30%	20% D
Stomach	0.94 ± 0.05 ^{a*}	1.10 ± 0.16 ^{a,b}	1.17 ± 0.16 ^a	1.10 ± 0.19 ^{a,b}
Pyloric caeca	2.29 ± 0.27 ^a	2.17 ± 0.36 ^a	2.25 ± 0.28 ^a	2.28 ± 0.14 ^a
Intestine	0.67 ± 0.16 ^{a,b}	0.67 ± 0.08 ^{a,b}	0.75 ± 0.12 ^a	0.55 ± 0.10 ^b

* 100 × Organ weight/body weight. Average ± SD of 5 fish. Values with the same superscripts are not significantly different (P < 0.05).

胆汁酸欠乏と胆汁酸の添加効果 (2007)

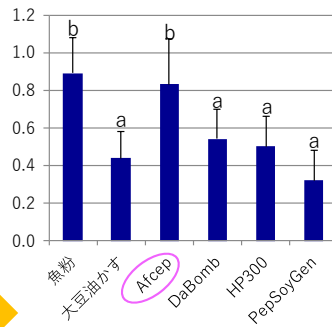


直腸の粘膜上皮細胞

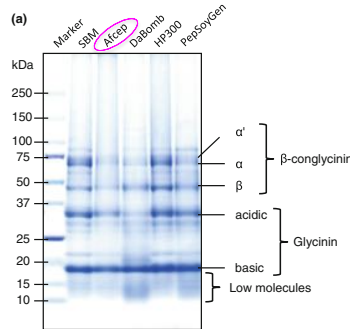


微生物発酵の効果と分子量低下 (2013)

各種大豆製品を与えたニジマスの胆汁酸量 ($\mu\text{mol/g}$ 体重)

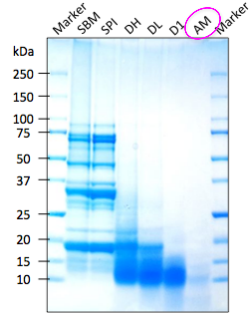


大豆タンパク質の分子量

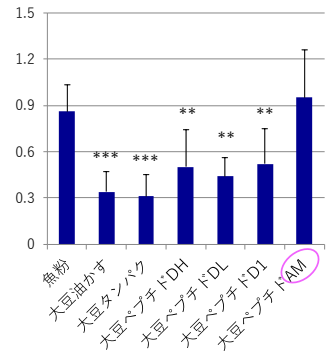


タンパク質分子量と胆汁酸欠乏 (2013)

大豆タンパク質の大きさ

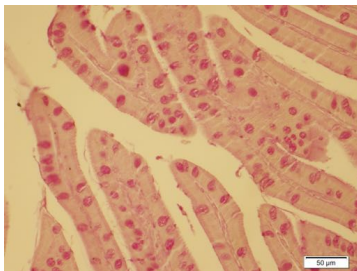


胆汁酸 (mmol/kg 体重)

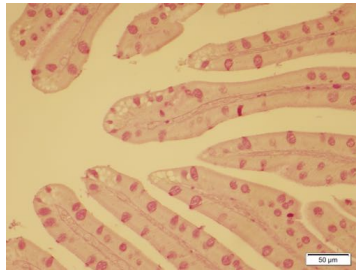


低魚粉飼料を与えたブリの腸管組織と胆汁生理 (マス類との違い)

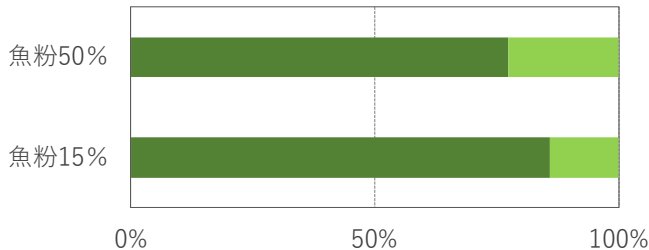
魚粉50%



魚粉15%



■ タウロコール酸 ■ タウロケノデオキシコール酸



原料配合率の違いもあるが、サケ・マス類で見られる腸管変性が見られず、胆汁酸組成への影響は正反対。

海外では植物性原料の生理阻害物質の影響も考慮して飼料への配合基準を定めている国もあるが、わが国は圧倒的に知見が不足している。

07.004 - final

VKM
Vitenskapskomiteen for mattrygghet
Norwegian Scientific Committee for Food Safety

Opinion of the Panel on Animal Feed of the
Norwegian Scientific Committee for Food Safety
05.02.2009

Criteria for safe use of plant ingredients in diets for aquacultured fish
(養魚飼料への植物性原料の安全な配合基準)

ISBN 978-82-8082-299-4

Norwegian Scientific Committee for Food Safety
Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM)

1

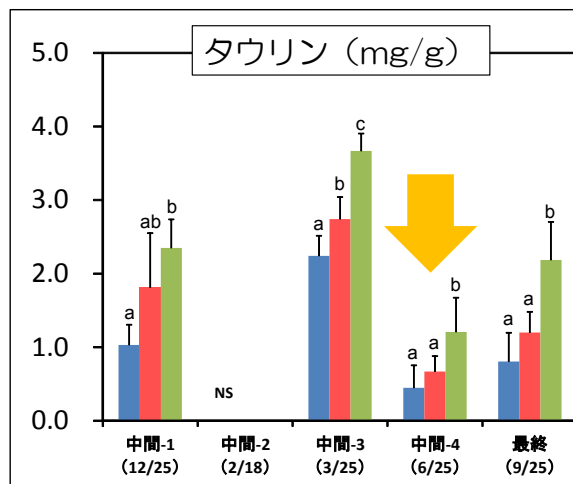
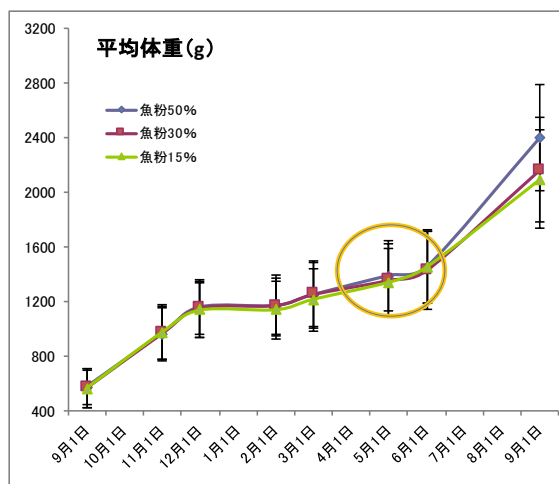
タウリンの要求量は不明？

Takagiら (2006, 2012)	4.5% (無魚粉, ブリ幼魚)
杉田ら (2012口頭発表)	2.0% (魚粉30%, ブリ稚魚)
松本ら (2015口頭発表)	2.0% (無魚粉, ブリ稚魚)

いずれも、タウリンの強化だけでは成長改善効果は限定的。

低魚粉飼料を与えたカンパチの成長と筋肉のタウリン含量

(飼料中のタウリン含量：魚粉50%, 0.34%；魚粉30%, 0.44%；魚粉15%, 0.83%)



ヒスチジン添加の必要性？

Journal of Fish Biology (2002) **61**, 1504–1512
doi:10.1006/jfbi.2002.2169, available online at <http://www.idealibrary.com> on IDEAL®



Muscle buffering capacity of yellowtail fed diets supplemented with crystalline histidine

H. Y. OGATA

Fisheries Division, Japan International Research Center for Agricultural Sciences,
1-1 Ohwashi, Tsukuba 305-8686, Japan

ヒスチジンとその化合物には筋肉のpH緩衝作用がある（ブリ）
（スモルト化したサケ科魚類の筋肉にもヒスチジン化合物が多い）

Journal of Fish Diseases 2005, **28**, 357–371

Histidine nutrition and genotype affect cataract development in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.

O Breck¹, E Bjerkås², P Campbell³, J D Rhodes⁴, J Sanderson⁴ and R Waagbø⁵

¹ Marine Harvest Norway A/S, Bergen, Norway

² Norwegian School of Veterinary Science, Oslo, Norway

³ Biomar Ltd, Grangemouth, UK

⁴ University of East Anglia, Norwich, UK

⁵ National Institute of Nutrition and Seafood Research (NIFES), Bergen, Norway

ヒスチジンには白内障の防止と成長改善効果がある（大西洋サケ）

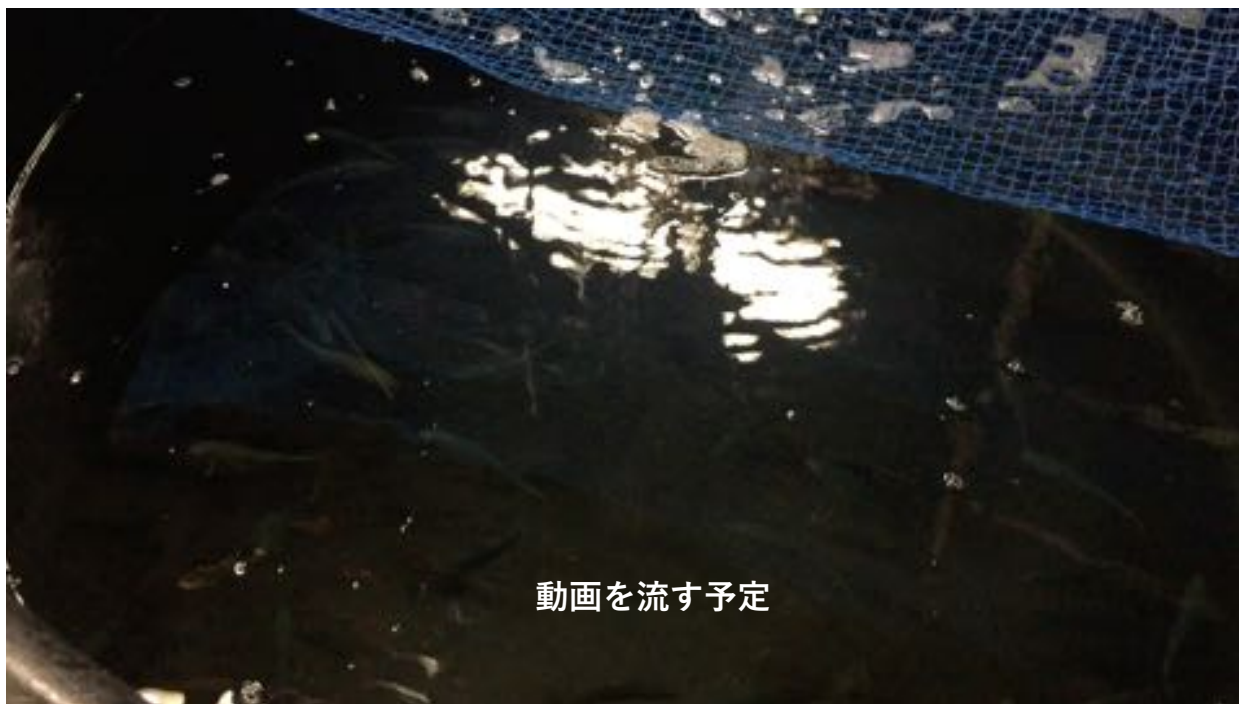
わが国ではヒスチジンは飼料添加物に指定されておらず、ヒスチジンが豊富な豚血粉は製造基準の問題等で輸入が規制されることがある。

魚粉の品質の影響（非公表）

実際のスライドをご覧ください

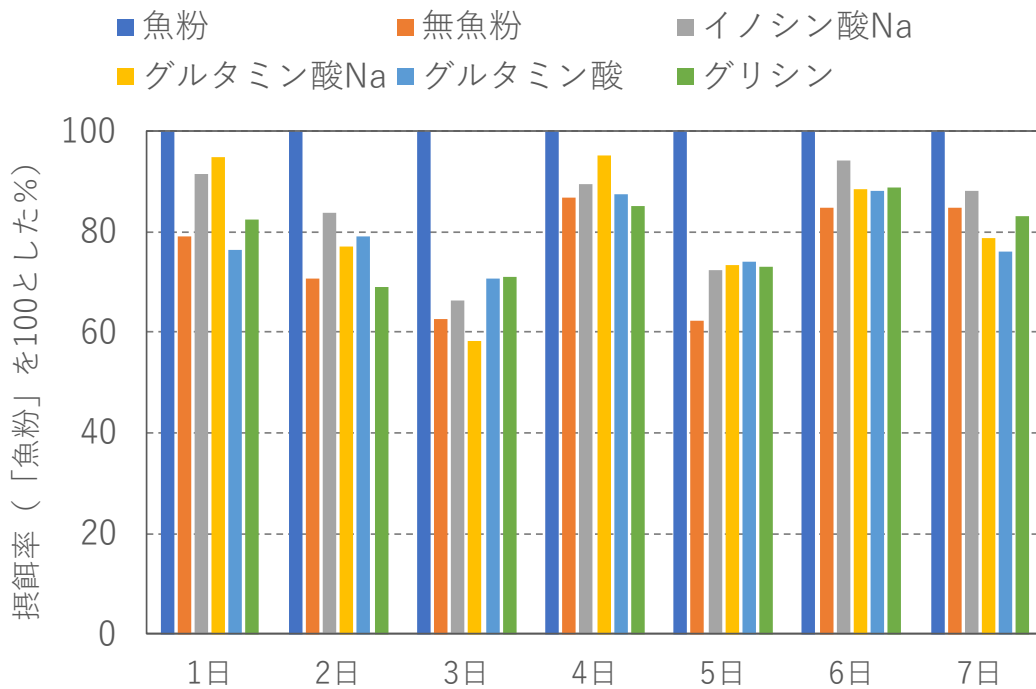
当該魚粉については原因が判明して、現在は品質が改善している。

摂餌誘引は必要か？



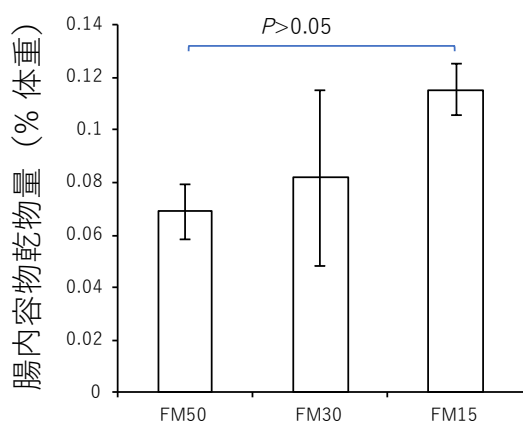
動画を流す予定

摂餌促進物質に効果はあるか？（マダイでの検討結果）



不味いから食いが悪いのではなく、食べたくない要因が魚に生じている。

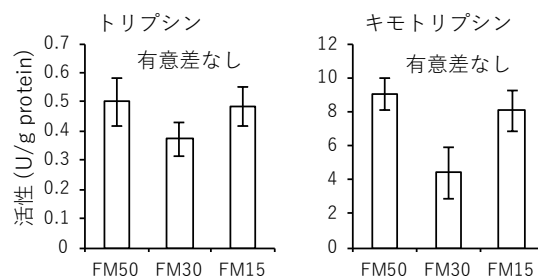
低魚粉飼料を与えたカンパチの腸内容物（未公表）



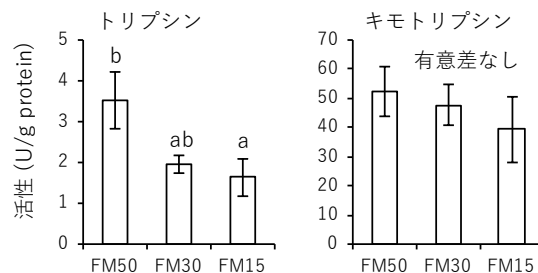
FM50, 魚粉50%
FM30, 魚粉30%
FM15, 魚粉15%

消化生理に影響を及ぼしている。

幽門垂 消化酵素活性



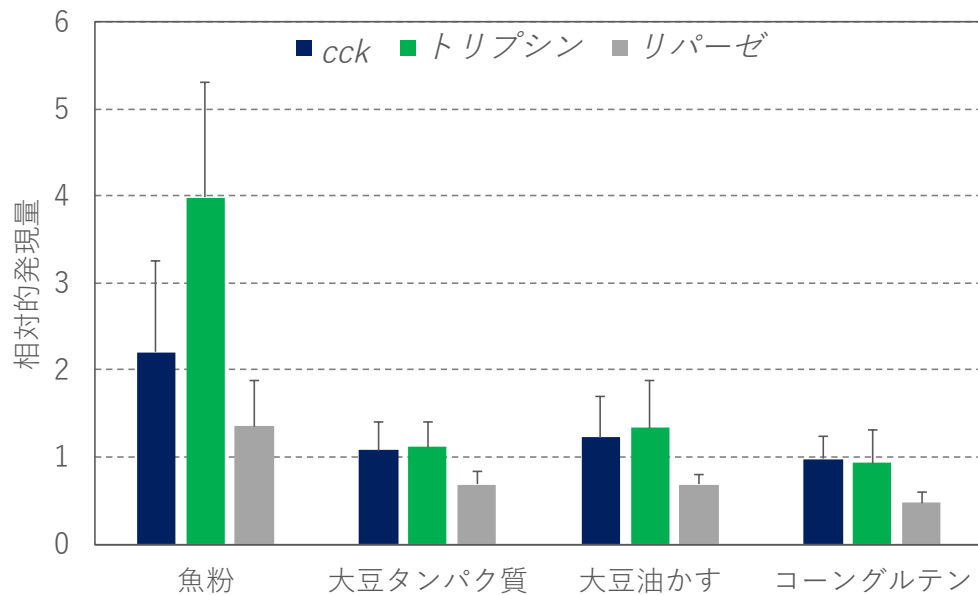
腸内容物 消化酵素活性



植物性原料では消化刺激が足りない？

魚類でも、摂餌により消化管ホルモンの1つであるコレシストキニンが分泌され、それが消化酵素の分泌を促すことで消化が調節されている。このほか、神経系による消化の調節も行われる。

ブリ幼魚に各種原料を強制投与した際の幽門垂のコレシストキニン（cck, 消化管ホルモン）と消化酵素の遺伝子発現量（Furutaniら, 2012）

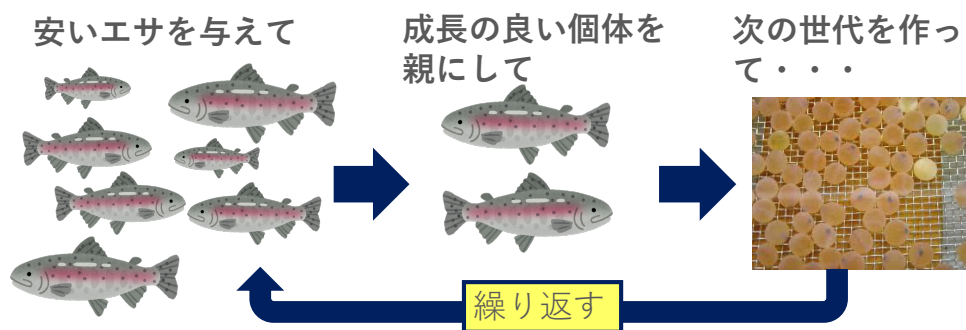


ブリ稚魚における消化の経時的変化（未公表）

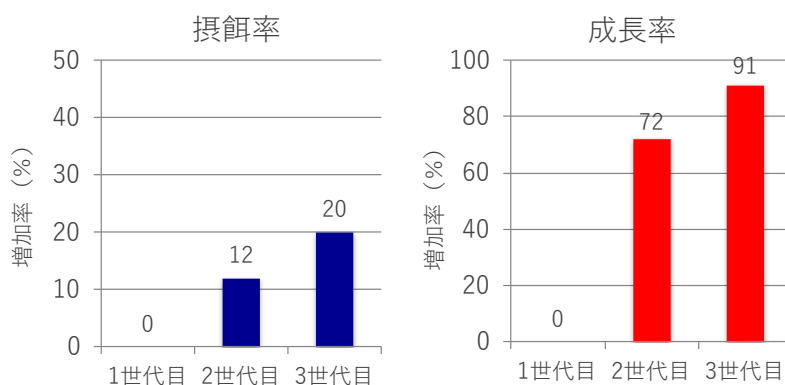
魚粉飼料, 魚粉50% ; 低魚粉飼料, 魚粉15%

実際のスライドをご覧ください

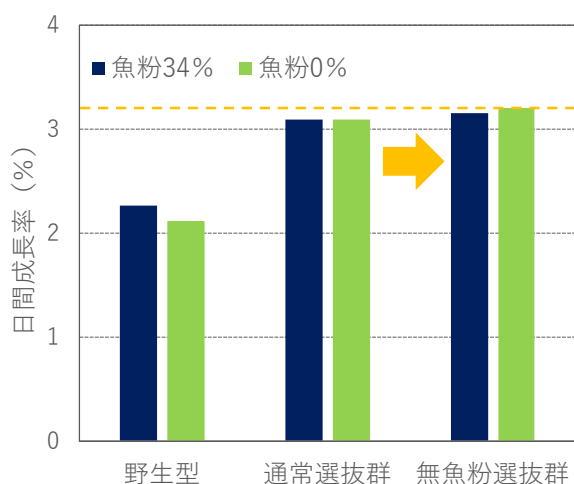
マス類に低魚粉飼料を与えて成長選抜すると、摂餌性が改善



アマゴにおける選抜3世代までの摂餌率と成長の改善効果

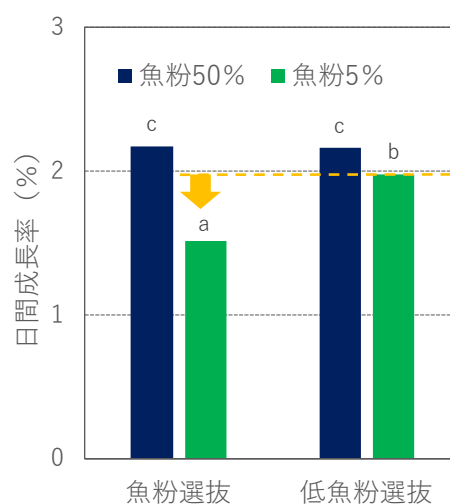


米国におけるニジマスの無魚粉飼料選抜 (Overturfら, 2013)



長期間、選抜された家系においては、低魚粉飼料による更なる選抜の効果は大きくない可能性がある。

選抜に使用する飼料の影響 (アマゴ, 増養殖研)



魚粉の多い飼料で選抜しても、低魚粉飼料の利用性があまり改善しない場合がある。

高成長ってなに？

【高成長をもたらす要因・選抜の指標】

アマゴ， ニジマス（増養殖研）

- ・ 摂餌性
- ・ 生理阻害物質に対する抵抗性（現時点では摂餌量の増加による栄養状態の改善と明瞭に区別できない）
- ・ 飼料効率（同上。ニジマスでは制限給餌により効果の確認中）

ギンザケ， ニジマス（海外）

- ・ 体脂質含量（脂質や炭水化物の利用性の改善）

飼料効率（増肉係数）ってなに？

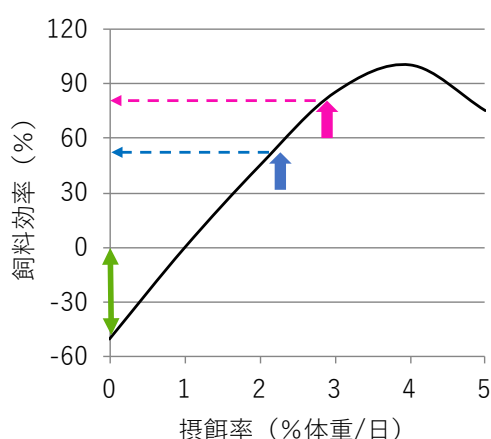
飼料効率 = 体重増加量 / 摂餌量（大きいほど良い）

増肉係数 = 摂餌量 / 体重増加量（小さいほど良い）

- ・ 個体ごとの飼料効率（増肉係数）の把握は困難（飼料効率で個体選抜をすることは困難）
- ・ 飼育データは冷めた目で見ると（体重， 摂餌量etc.に左右される）

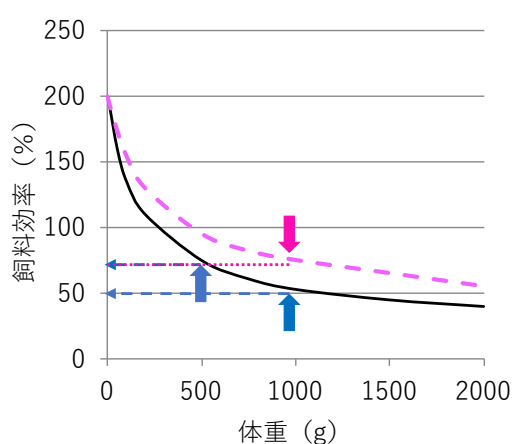
飼料効率（増肉係数）に関する「あるある」勘違い

摂餌性が異なる場合



基礎代謝+運動（摂餌率=0に相当）に対する増肉の「比率」が増えた影響が含まれるので，必ずしも「栄養素の利用が促進」したとは言えない（促進している場合もある）。

成長が異なる場合



一般的に成長に伴い，飼料効率は悪くなる性質がある。飼育終了時の飼料効率が同じであれば，成長の良かった魚での効率は改善していると言える。

試験研究に使用する低魚粉飼料の設計（飼料組成）

【魚粉含量の設定】

（飼餌料グループの場合）

- ・ 将来的に実用化する飼料のレベル（ブリ類：15%）
 - ・ 選抜をより確実にを行うためのレベル（マス類：5%）
- （その他）

エコラベル認証（FIFO：Fish in Fish out）との関係

【魚粉以外の原料の選定・配合率】

- ・ 生理異常が不明な現状では実用化する組成を固める必要性（ブリ類）
- ・ 肉骨粉を使うか否か（輸出先国の事情も考慮）

低水温期の飼料

マクロ用飼料が生餌に匹敵（未公表）

低魚粉化と低水温期の影響を区別して考える。

親魚用低魚粉飼料（成熟・卵質への影響）

カンパチで若干の検討を実施。

飼料・生産物の安全性

輸出先国の制度も考慮