

## 9654 ニジマス及びヒラメの成長と生理機能に及ぼす食塩添加飼料の影響

助成研究者：竹内 俊郎(東京水産大学 水産学部)  
 共同研究者：佐藤 秀一(東京水産大学 水産学部)  
 横山 雅仁(水産庁中央水産研究所)

本研究はニジマス及びヒラメの成長に及ぼす食塩(NaCl)添加飼料の影響を調べるとともに、種々の濃度のNaCl添加飼料を摂餌させたニジマスを海水に馴致し、海水耐性に及ぼすNaCl添加飼料の有効性と適正添加量を明らかにすることを目的に実験を行った。

先ず平均体重約0.14gおよび0.8gのヒラメ稚魚を用いて、天然で通常ヒラメが摂餌しているアミを粉末化して3種類の試験飼料(飼料中のアミ粉末含有量はそれぞれ80%, 34.6%, 0%)を作成し、成長に対する効果を調べたところ、アミ粉末含量80%の試験飼料の成績が最も劣っていた(実験I, II)。この原因はアミ粉末作成過程で大量に残留した塩が、ヒラメ稚魚に何らかの障害を起こさせたものと推察された。そこで次に、脱塩処理したアミ粉末で作成した試験飼料(飼料中アミ粉末含量それぞれ77.5%, 37.5%, 0%)および未脱塩処理アミ粉末含量82.0%の試験飼料で平均体重0.16gおよび1.35gのヒラメ稚魚を14日間飼育した(実験III, IV)。その結果、アミを脱塩処理することによりヒラメ稚魚の成長は著しく改善され、飼料中5%以上のNaClは稚魚の成長に悪影響を及ぼすことが明らかになった。

ニジマスでは、NaCl添加量を0-15%の5段階に調製した魚粉飼料を用いて平均体重59gの幼魚を4週間(実験I)、NaCl添加量を0-10%の5段階に調製したカゼイン飼料を用いて平均体重1.7gの稚魚を7週間(実験II)飼育し、飼料中NaClの適正量を検討した。なお、両実験に用いた魚はさらに、飼育水を淡水から塩分33‰の海水に切り替え、実験魚の塩分耐性を調べた。その結果、幼魚では飼料中のNaCl添加量10%および15%区で成長の低下が見られたが、塩分耐性試験では各区にへい死魚は見られなかった。一方、稚魚では飼料中のNaCl添加量が7.5および10%区で飼料効率等が低下し、飼育6週目からへい死魚が観察された。さらに、塩分耐性試験においても各区の間に差が見られ、飼料中のNaCl添加量が2.5%区で最も優れた生残率を示したのに対し、0%区および7.5%以上の区ではほぼ全滅した。このように、ニジマス稚魚ではNaClの過剰量や過少量で生理的障害が起こること、および適正な投与量で海水耐性を向上させることが示唆された。

以上の結果より、飼料中のNaCl適正含量はヒラメ、ニジマス稚魚ともに2.5%(体重kg当たり1日1.5gおよび0.5g)前後、一方、過剰量はヒラメ稚魚で5%(3.2g/kg・fish/day)、ニジマス稚魚で7.5%(1.4g/kg・fish/day)、ニジマス幼魚で10%(飼料中のNaCl含量10.6%として、1.3g/kg・fish/day)であると推察された。



## 9654 ニジマス及びヒラメの成長と生理機能に及ぼす食塩添加飼料の影響

助成研究者：竹内 俊郎 (東京水産大学 水産学部)  
共同研究者：佐藤 秀一 (東京水産大学 水産学部)  
横山 雅仁 (水産庁中央水産研究所)

### 研究目的

淡水魚と海水魚では環境水の魚体への影響が異なり、例えば淡水魚では鰓から環境水のイオンを濃度勾配に逆らって能動的に取り込むことが明らかにされている。一方、海水魚ではこれとは正反対の生理機能を有している。サケ科魚類の稚魚は河川での生活から海洋生活に移行する期間中、いわゆる銀化変態(parr-smolt transformation)を完了し、高張な海水に適応するための生理的機能を変換させることで降海行動を開始する。

これまでの研究により、淡水飼育期間中のサケ科魚類に食塩添加飼料を給餌し、人為的に生理的機能を調節して海水移行後の浸透圧調節能および生残率を向上させる試みがなされているが(Zaugg and McLain, 1969; Basulto, 1976; Papaparaskeya-Papoutsoglou et al., 1982; Salman and Eddy, 1987; 山野目ら, 1995)、成長や、塩分耐性に及ぼす適正食塩含量に関する報告はない。一方、海水魚では水分の補給を目的に大量の海水を飲み込むことが知られているが、飼料中の食塩含量の影響についての研究例はない。

そこで本研究ではニジマス及びヒラメの成長に及ぼす食塩(NaCl)添加飼料の影響を調べるとともに、種々の濃度のNaCl添加飼料を摂餌させたニジマスを海水に馴致し、海水耐性に及ぼすNaCl添加飼料の有効性と適正添加量を明らかにすることを目的に実験を行った。

### 研究方法

#### 1. ヒラメ

##### 1.1 試験飼料

実験 I ~ IV の基本飼料組成、一般組成、Na, K 含量および計算により求めたNaCl含量をTable 1に示す。未処理および脱塩処理アミ粉末は、小型手曳き網で採取したアミ *Archaeomysis kokuboi* を、-40℃に冷凍後、真空凍結乾燥機で凍結乾燥させ粉末化したものである。なお、脱塩処理は採取直後の生きたアミを水道水でよく洗う方法により行った。ミネラル混合物はTable 1の脚注に示したように、荻野処方(荻野, 1980)のものである。

実験 I および II の試験飼料の魚粉と未処理のアミ粉末の添加割合はDiet 1ではアミ粉末のみを80%、Diet 2では魚粉との割合を1:1としそれぞれ34.6%ずつ、Diet 3では魚粉のみを60.9%の割合で組み合わせ、飼料中のタンパク質含量を46-48%に調製した。さらに、飼

料中の脂質含量およびn-3高度不飽和酸(HUFA)含量を各区で等しくなるように、タラ肝油およびn-3HUFA混合物を用いて調節した。

実験ⅢおよびⅣにおけるアミ粉末および魚粉の添加割合は、Diet 1では脱塩処理アミ粉末のみを77.5%、Diet 2では脱塩アミ粉末と魚粉の割合を1:1とし、それぞれ37.5%ずつ、Diet 3では魚粉のみを72.5%、Diet 4では未処理アミ粉末を82%の割合で組み合わせ、飼料中のタンパク質含量を55-56%に調節した。飼料中の脂質含量およびn-3HUFA含量の調整は上述の通りである。なお、飼料はすべてドライペレットに調製した。

## 1.2 飼育方法

供試魚のヒラメ *Paralichthys olivaceus* は、社団法人日本栽培漁業協会宮津事業場(実験Ⅰ・Ⅱ)および京都大学水産実験所(実験Ⅲ・Ⅳ)で得られた受精卵をふ化させ予備飼育を行ったものである。飼育は100Lの透明パンライト水槽を用いて流水式で行い、飼育水には砂濾過海水を使用し、注水量は実験Ⅰ～Ⅳともに750-800ml/minとした。通気量はエアストーン1個を使用し、750ml/minに調製した。供試魚は各区の平均魚体重が等しくなるように選別した個体を実験ⅠおよびⅢでは100尾、実験ⅡおよびⅣでは30尾ずつを用い、平均体重はそれぞれ0.14g(全長24.4mm, 実験Ⅰ)、0.16g(全長26.4mm, 実験Ⅲ)および0.88g(全長36.1mm, 実験Ⅱ)、1.35g(全長53.5mm, 実験Ⅳ)であった。飼育期間は4実験とも14日間とし、その間の水温は、18.9-21.7℃(実験Ⅰ)、21.0-22.5℃(実験Ⅱ)、22.0-23.5℃(実験Ⅲ)、24.5-26.0℃(実験Ⅳ)であった。また、給餌は1日3回行い、毎回飽食量を与えた。

## 2. ニジマス

### 2.1 試験飼料

実験ⅠおよびⅡの試験飼料の基本組成、一般組成およびNa含量をTable 2に示す。タンパク源として実験Ⅰでは沿岸魚粉を、実験Ⅱではカゼインを用いた。NaClの添加量は実験Ⅰの試験飼料でDiet 1-5にそれぞれ0, 2.5, 5.0, 10.0, 15.0%ずつ、実験ⅡでDiet 1-5にそれぞれ0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0%ずつ添加し、組成割合の過不足はセルロースで調製した。試験飼料はヒラメの実験と同様にドライペレットに調製した。

### 2.2 飼育方法

供試魚のニジマス *Oncorhynchus mykiss* は、市販配合飼料(実験Ⅰ)およびDiet 2(実験Ⅱ)で1ヶ月以上予備飼育したものをを用いた。飼育には45L(30x45x30cm)のガラス製水槽を用いて流水式で行い、飼育水には水温を15±0.4℃に調節した脱塩素処理濾過水を使用し、注水量は両実験とも450-550ml/min、通気量は550ml/min前後に調節した。供試魚の平均体重は実験Ⅰで59g前後、実験Ⅱで1.7g前後であった。これら選別した個体を実験ⅠおよびⅡでそれぞれ15尾および30尾ずつ用いた。なお、実験は2水槽実験とした。飼育期間は実験ⅠおよびⅡでそれぞれ4週間および7週間とした。その後、飼育水を塩分33‰の海水に1時間かけて切り替え、飼育魚の塩分耐性を7日間にわたり調べた。給餌は

1日2回飽食量を与えたが、塩分耐性試験期間中は無給餌とした。

### 3. 分析方法

試験飼料は乳鉢で良くすりつぶし、粉末化したものを試料として分析に供した。試験魚は試験終了後、分析に供するまで-40℃で凍結保存し、遠心式粉碎器で均一となるようにホモジナイズしたものを試料とした。各試料については、一般組成、総脂質の脂肪酸組成、脂質組成、Na含量などを調べた。水分は常圧加熱乾燥法、粗灰分は灰化法、粗タンパク質はセミマイクロケルダール法、粗脂肪はFolchらの方法を用いた。脂質組成はSep-pakを用いて極性および非極性脂質を分画した。脂肪酸組成は、脂質をケン化、メチル化後、キャピラリーカラムを付したガスクロマトグラフを用いて測定した。Na, K含量は原子吸光度計を用いた蛍光分析法により定量した。

## 研究結果

### 1. ヒラメ

#### 1.1 飼料の分析結果

実験ⅠおよびⅡに用いた試験飼料の粗タンパク質含量は46-48%、粗脂肪含量は10-11%、総n-3HUFA含量は3.5-4.0%と3区の間には差はなかった(Table 1)。粗灰分含量はアミの飼料中の添加量の減少に伴い減少した。計算により求めた飼料中のNaCl含量はDiet 1-3でそれぞれ5.2%、2.9%および0.7%であった。

実験ⅢおよびⅣの一般組成を見ると(Table 1)、粗タンパク質含量、粗脂肪含量、総n-3HUFA含量ともに各区の間に差はなくそれぞれ55-56%、11%および3.3-3.8%であった。粗灰分含量もDiet 4区を除きいずれも13-14%と差がなかった。計算により求めたNaCl含量はDiet 1-4でそれぞれ3.3%、2.4%、1.6%および7.7%であった。

#### 1.2 飼育結果

実験Ⅰ-Ⅳにおける14日間の飼育結果をTable 3にまとめて示す。実験Ⅰ、Ⅱともに最も優れた増重率はDiet 2、すなわちアミ粉末と魚粉を1:1の割合に調節した区で得られた。一方、アミ粉末主体のDiet 1区では増重率、飼料効率およびタンパク効率(PER)ともに著しく劣った。実験ⅢおよびⅣの飼育結果を見ると、実験Ⅰ・Ⅱの結果と同様に、未処理のアミ粉末主体のDiet 4区の成長や飼料効率が最も劣っていた。なお、実験ⅢにおいてDiet 3の飼育成績が劣っていたが、この区の飼料はかなり固かったことから、稚魚が十分に食べ消化吸収することができず、結果として高いへい死率を示したものと推察された。一方、脱塩処理したアミ区(Diet 1)では成長が著しく改善された。

#### 1.3 魚体の分析結果

実験Ⅰ-Ⅳ終了後の全魚体の分析結果をTable 4に示す。脂質含量はいずれの実験においても未処理のアミ粉末主体区で低くなる傾向が見られた。その他、水分、粗タンパク質および粗灰分含量には各区の間に差は見られなかった。

## 2. ニジマス

### 2.1 飼料の分析結果

実験Ⅰの飼料については分析を行わなかった。実験Ⅱの飼料では粗タンパク質、粗脂肪含量には各区の間に差はなかった。粗灰分含量は飼料へのNaCl添加量の増加に伴い3.7%から12.6%に増加した。飼料中のNa含量も増加し、その含量はDiet 3および4区がヒラメの実験における未処理アミ添加区の量とほぼ一致していた。

### 2.2 飼育結果

実験ⅠおよびⅡの飼育結果をTable 5および6に、実験Ⅱの飼育終了後の、淡水から塩分33%の海水に切り替えた後のニジマス稚魚のへい死率の推移をFig. 1に示す。

まず実験Ⅰの飼育結果を見ると、全試験区の飼料効率においてはほぼ等しい値を示したが、増重率はNaCl添加量10%以上のDiet 4および5区で劣る成績を示した。飼育実験終了後の塩分耐性試験においては、いずれの試験区でもへい死魚は観察されなかった。

一方、実験Ⅱの飼育結果では、Diet 1-3区のPER, 飼料効率ともにほぼ同じ値を示したが、増重率はDiet 2区が優れた成績を示した( $p < 0.05$ )。また、NaCl添加量が7.5%以上のDiet 4および5区では増重率、飼料効率およびPERの低下を始め、6週間目からへい死個体も出現した。実験Ⅰの塩分耐性試験の結果と異なり、実験Ⅱの稚魚では、淡水から海水への切り替え1日後にDiet 4, 5区で大量へい死が見られ、2日間経過後にはそれまで生存していたNaCl無添加のDiet 1区で90%以上の試験魚がへい死した。しかし、その後は各試験区におけるへい死率は穏やかに推移し、実験7日目のへい死率は、Diet 2区で60%前後、Diet 3区で80%、Diet 1, 4, 5区ではほぼ全滅した(Fig. 1)。

### 2.3 魚体の分析結果

実験Ⅱの各試験区における7週間の飼育試験終了時および塩分耐性試験終了後の全魚体の一般組成および極性および非極性脂質含量をまとめてTable 7に示す。飼育試験終了時の一般組成には各区の間に大きな差はなかった。塩分耐性試験終了後の各試験区の水分含量は飼育終了時に比較し6%ほど減少したが、乾燥重量当たりの粗タンパク質、脂質および粗灰分含量、さらに極性および非極性脂質の割合は塩分耐性試験開始前と後で各試験区の違いによる差は認められなかった。

## 考 察

海水魚は、脱水による水不足を補うため海水をのみ1価イオンとともに水を腸から吸収し、吸収された1価イオンは再び鰓から排泄され、一部吸収された2価イオンは腎臓から排出されることが知られている(Smith, 1930)。これらの構造は、海水に適応した魚の能動的排出機構と考えられている。今回のヒラメの実験で得られた結果を見ると、アミ粉末の脱塩処理により増重率、飼料効率およびPERが著しく改善され、飼料中計算値で5%以上のNaCl含量はヒラメ稚魚に生理的障害を起こさせるものと推察された。前述したように、海

水魚は海水を腸から吸収し、吸収された1,2価イオンを能動的に鰓および腎臓から排出することから、飼料中に大量に含まれたNaClは稚魚の内臓の塩類排出機能に大きな負担をかけていた可能性が示唆される。今後過剰量だけでなく、NaCl無添加飼料を含め飼料中の最小必要量を明らかにする必要がある。

一方、淡水魚は鰓から環境水中のイオンを濃度勾配に逆らって能動的に取り込むことから(Korogh, 1938)、海水魚とは反対の働きをしている。今回サイズの異なるニジマスを用いて、飼料中の適正NaCl含量を飼育試験および塩分耐性試験により調べた。その結果、成長および塩分耐性において、ニジマスのサイズによりNaClの影響が異なることが明らかになった。すなわち、稚魚期の方が飼料中のNaCl含量に敏感に反応した。この原因としては、サケ科魚類の海水適応能力の発達と深い関連性があるものと推察される。幼魚の場合にはすでに塩類排出機能を有し、各試験区の飼料中に含まれているNaClを効率よく調節する。一方、稚魚の場合には機能が未発達であることから、飼料中7.5%以上のNaCl添加区でへい死魚が飼育期間中および塩分耐性試験中に大量に出現したものと考えられる。なお、ほぼ同じ飼料中のNaCl含量5%区のニジマス稚魚とヒラメ稚魚を比較すると、ニジマスではヒラメのような重度の障害は見られなかった。これは、日間摂餌量がニジマスに比較しヒラメで3倍ほど高いため、結果的にニジマスの日間NaCl摂取量の方が低くなるためであると判断された。

ここで興味深いことは、ニジマス稚魚の実験で、NaCl無添加区が2.5%添加区に比較し増重率や塩分耐性が劣ったことである。この無添加区には荻野処方ミネラル混合物に由来する0.04%のNaClが含まれている。一方、実用飼料のミネラルに用いられるMcCollum塩No. 185(McCollum and Simmonds, 1918)の場合でも、飼料中に4%配合するとNaCl含量は0.17%にすぎない。そのため、カゼイン飼料を主体とした精製飼料ではこれらミネラル混合物中に含まれるNaCl含量だけでは不足する可能性が示唆された。魚粉を主体とした飼料の場合には、魚粉中にNaClが含まれているため、飼料中に70%の魚粉を配合した場合、飼料中のNaCl含量は0.7%ほどとなる。ニジマス稚魚では過剰および過少量のNaClで生理的障害が起こることが明らかになる一方、適正投与量で海水耐性を向上できることも示唆された。

以上の結果より、飼料中のNaClの適正量はヒラメ、ニジマス稚魚ともに2.5%(体重kg当たり1日1.5gおよび0.5g)前後、一方、過剰量はヒラメ稚魚で5%(3.2g/kg・fish/day)、ニジマス稚魚で7.5%(1.4g/kg・fish/day)、ニジマス幼魚で10%(飼料中のNaCl含量10.6%として、1.3g/kg・fish/day)であると推察された。

#### 今後の課題

1. ヒラメおよびニジマス稚魚における飼料中NaClの最小必要量の検討。
2. 魚類精製飼料用ミネラル混合物中のNaCl含量の再検討。

3. 魚類の浸透圧調節機能の向上に及ぼす飼料中NaCl含量の影響。

文献等

Basulto, S: Aquaculture, 8, 45-55 (1976).

Korgh, A: Z. vergl. Physiol., 25, 335-350 (1938).

McCollum, E. V. and N. Simmonds: J. Biol. Chem., 33, 55-89 (1918).

荻野珍吉: 魚類の栄養と飼料, 厚生社恒星閣, 東京, 1980, pp. 232-246.

Papaparaskeya-Papoutsoglou, E., M. P. Alexis, and S. E. Papoutsoglou: Thalassographica, 2, 81-91 (1982).

Salman, N. A. and F. B. Eddy: Aquaculture, 61, 41-48 (1987).

Smith, H. W: Am. J. Physiol., 93, 480-505 (1930).

山野目 健、三星 亮、大村禮司: 水産増殖, 43, 377-380 (1995).

Zaugg, W. S. and L. R. Mclain: In 'Fish in Research', Academic Press, New York, NY, 1969, pp. 293-306.

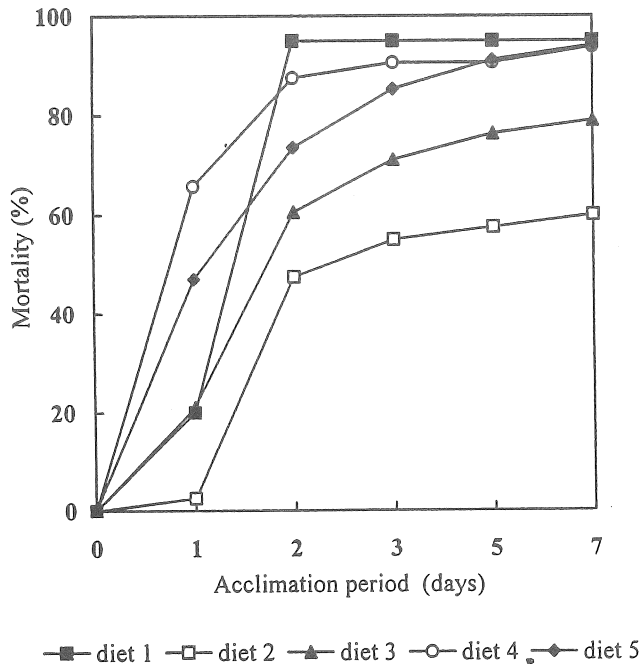


Fig. 1. The mortality of rainbow trout during acclimation from freshwater to seawater in Experiment II.



Table 1. Composition of the experimental diets for Japanese flounder in Expts. I-IV(%)

Ingredient	Experiments I and II			Experiments III and IV				
	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 4	
Mysid meal* <sup>1</sup>	80.0	34.6	0	0	0	0	82.0	
Desalted mysid meal* <sup>2</sup>	0	0	0	77.5	37.5	0	0	
Brown fish meal* <sup>3</sup>	0	34.6	69.9	0	37.5	72.5	0	
$\alpha$ -Starch	14.4	14.4	14.4	11.1	11.1	11.1	11.1	
Cellulose	0	8.4	14.9	4.3	5.3	6.2	0	
Pollack liver oil	0	1.2	2.1	1.5	1.4	0.8	1.3	
n-3HUFA* <sup>4</sup>	0	1.2	2.1	0	1.6	3.8	0	
Mineral mixture* <sup>5</sup>	4.0							
Vitamin mixture	1.0	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	
Choline chloride	0.5							
Vitamin E* <sup>6</sup>	0.1							
			Analytical result(%)					
Moisture	5.7	5.2	4.7	7.5	6.4	4.9	6.7	
On dry matter basis								
Crude protein	48.3	48.4	46.3	55.9	55.8	55.6	54.9	
Crude lipid	10.4	9.9	11.4	10.8	10.8	11.3	10.8	
$\Sigma$ n-3HUFA	3.7	3.5	4.0	3.3	3.5	3.8	3.4	
Crude ash	22.6	16.5	11.3	13.8	13.5	13.4	18.6	
Na(mg/g)	23.7	14.9	5.8	16.3	12.4	9.3	33.6	
K(mg/g)	10.0	9.8	9.4	-* <sup>8</sup>	-	-	-	
NaCl* <sup>7</sup>	5.2	2.9	0.7	3.3	2.4	1.6	7.7	

\*1 Expt. I: CP,55.6%;CL,12.3%;CA,23.6%. Expt.II: CP,63.1%;CL,9.9%;CA,18.4%.

\*2 CP,66.9%;CL,10.4%;CA,13.9%.

\*3 Expt.I: CP,67.7%;CL,10.2%;CA,12.6%.Expt.II: CP,70.5%;CL,7.1%;CA,13.5%.

\*4 n-3 highly unsaturated fatty acids.

\*5 (%) NaCl,1.0;MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O,15.0;NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O,25.0;KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>,32.0;Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · H<sub>2</sub>O,20.0;Fe-citrate,2.5;Ca-lactate,3.5;Trace element(ZnSO<sub>4</sub> ·7H<sub>2</sub>O,35.3;MnSO<sub>4</sub> · 4H<sub>2</sub>O,16.2;CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O,3.1;CoCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O,0.1;KIO<sub>3</sub>,0.3;

Cellulose,45.0),1.0.

\*6 DL- $\alpha$ -tocopheryl acetate, purity 50%.

\*7 Calculated value.

\*8 Not analyzed.

Table 2. Composition of the experimental diets for rainbow trout in Expts. I and II(%)

Ingredient	Experiment I					Experiment II				
	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 4	Diet 5	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 4	Diet 5
Brown fish meal	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	0	0	0	0	0
Casein	0	0	0	0	0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Amino acid mix.* <sup>1</sup>	0	0	0	0	0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
α-Starch	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
Dextrin	3.8	1.3	0	0	0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Cellulose	15.0	15.0	13.8	8.8	3.8	10.1	7.6	5.1	2.6	0.1
Pollack liver oil	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Soybean oil	0	0	0	0	0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Mineral mix.* <sup>2</sup>	4.0									
Vitamin mix.	1.0	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
Choline chloride	0.5									
Vitamin E* <sup>2</sup>	0.1									
NaCl	0	2.5	5.0	10.0	15.0	0	2.5	5.0	7.5	10.0
				Analytical result(%)						
Moisture	_* <sup>3</sup>	-	-	-	-	6.9	6.8	4.5	4.9	5.2
On dry matter basis										
Crude protein	-	-	-	-	-	49.3	49.4	49.2	49.3	49.1
Crude lipid	-	-	-	-	-	9.3	9.0	9.7	10.3	9.8
Crude ash	-	-	-	-	-	3.7	5.1	7.5	10.2	12.6
Na(mg/g)* <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	2.1	13.1	25.3	37.6	47.1

\*1 Amino acid mix: arginine, 0.4 + cystine, 0.9. \*2 See the footnote of Table 1.

\*3 Not analyzed. \*4 Calculated value.

Table 3. Results of the 14 days feeding trial for Japanese flounder in Expts. I-IV

Diet no.	Av. body wt(g)		Percent gain(%)	Feed efficiency	DFC* <sup>2</sup>	Mortality (%)	
	Initial	Final					
Expt. I							
Diet 1	0.13	0.68	416	1.6	3.2	32	
Diet 2	0.14	1.02	658	2.0	4.0	25	
Diet 3	0.14	0.86	539	2.1	4.3	19	
Expt. II							
Diet 1	0.83	2.82	238	1.3	2.7	0	
Diet 2	0.89	3.99	347	1.7	3.5	0	
Diet 3	0.89	3.44	286	1.7	3.6	0	
Expt. III							
Diet 1	0.16	1.20 <sup>a</sup> * <sup>3</sup>	632 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	3.6	6.0	12 <sup>c</sup>
Diet 2	0.16	1.33 <sup>a</sup>	693 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	3.8	5.6	15 <sup>b</sup>
Diet 3	0.16	0.52 <sup>c</sup>	212 <sup>c</sup>	1.4 <sup>a</sup>	2.5	5.7	64 <sup>a</sup>
Diet 4	0.17	0.67 <sup>b</sup>	313 <sup>b</sup>	1.4 <sup>b</sup>	2.5	6.9	27 <sup>b</sup>
Expt. IV							
Diet 1	1.39	5.51 <sup>b</sup>	297 <sup>b</sup>	1.8 <sup>b</sup>	3.2	5.2	7
Diet 2	1.32	6.48 <sup>a</sup>	386 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	3.6	5.0	3
Diet 3	1.31	4.87 <sup>c</sup>	269 <sup>b</sup>	1.7 <sup>c</sup>	3.0	5.2	3
Diet 4	1.39	4.07 <sup>d</sup>	198 <sup>c</sup>	1.3 <sup>d</sup>	2.4	5.9	3

\*1 PER, protein efficiency ratio. \*2 DFC, daily feed consumption.

\*3 Value within column with the same superscript are not significantly different at (p>0.05).

Table 4. Proximate composition (%) of Japanese flounder  
in Expts. I-IV

Diet no.	Moisture	Protein	Lipid	Ash
Expt. I				
Diet 1	83.8	12.3	1.6	2.3
Diet 2	82.6	13.1	1.6	2.5
Diet 3	81.2	13.0	2.4	3.0
Expt. II				
Diet 1	81.6	14.0	2.0	2.4
Diet 2	80.2	15.2	2.5	2.6
Diet 3	79.5	15.1	2.6	3.1
Expt. III				
Diet 1	82.9	12.5	1.9	2.2
Diet 2	82.0	13.5	2.0	2.3
Diet 3	81.6	13.2	2.2	2.5
Diet 4	82.9	12.0	1.6	2.2
Expt. IV				
Diet 1	79.1	14.9	2.4	2.4
Diet 2	79.0	15.9	2.5	2.3
Diet 3	79.6	15.5	2.1	2.4
Diet 4	80.6	14.9	1.9	2.3

Table 5. Result of the 4 weeks feeding trial for rainbow  
trout in Expt. I

Diet no.	Av. body weight(g)		Percent gain(%)	Feed efficiency
	Initial	Final		
Diet 1	59.5	89.5	50.5	0.9
	59.5	89.6	50.5	0.9
Diet 2	59.9	86.6	44.6	0.9
	58.2	89.6	53.9	1.0
Diet 3	57.0	89.4	56.8	0.9
	60.7	91.9	51.5	0.9
Diet 4	58.6	77.8	32.6	0.9
	58.8	83.7	42.4	1.0
Diet 5	57.3	72.2	25.9	0.8
	61.3	76.5	24.8	0.9

Table 6. Result of the 7 weeks feeding trial for rainbow trout in Expt. II

Diet no.	Av. body weight(g)		Percent gain(%)	Feed efficiency	PER* <sup>1</sup>	DFC* <sup>1</sup> (%)	Mortality (%)
	Initial	Final					
Diet 1	1.71 ± 0.22	6.51 ± 1.36 <sup>bc*2</sup>	279.8 <sup>b</sup>	1.4	2.8 <sup>abc</sup>	1.9	0
Diet 2	1.73 ± 0.19	8.03 ± 1.64 <sup>a</sup>	364.2 <sup>a</sup>	1.4	2.8 <sup>ab</sup>	2.0	0
Diet 3	1.70 ± 0.19	6.91 ± 1.71 <sup>b</sup>	307.3 <sup>b</sup>	1.3	2.8 <sup>bc</sup>	1.9	2
Diet 4	1.70 ± 0.19	6.03 ± 1.86 <sup>bc</sup>	255.1 <sup>bc</sup>	1.3	2.6 <sup>c</sup>	1.8	3
Diet 5	1.69 ± 0.17	5.71 ± 1.51 <sup>c</sup>	238.4 <sup>c</sup>	1.2	2.5 <sup>d</sup>	1.9	12

\*1 See the footnote of Table 3.

\*2 Values within column with the same superscript are not significantly different at (p>0.05).

Table 7. Proximate composition of the rainbow trout whole body before and after acclimation in Expt. II (in dry matter basis.%)

Diet no.	After 7-week feeding				After 7-day acclimation					
	Moisture	Protein	Lipid	Ash	Moisture	Protein	Lipid	PL* <sup>1</sup>	NL* <sup>1</sup>	Ash
Diet 1	(74.9)* <sup>2</sup>	60.5	30.9	8.6	(67.6)	59.1	31.4	3.7	27.7	9.5
Diet 2	(74.5)	60.7	32.0	7.3	(68.9)	57.0	34.2	3.5	30.7	8.8
Diet 3	(75.3)	60.0	32.4	7.7	(68.6)	57.7	32.9	3.4	29.5	9.4
Diet 4	(77.2)	59.9	32.0	8.1	(68.6)	57.7	32.6	2.8	29.8	9.7
Diet 5	(76.7)	60.9	30.7	8.4	(69.8)	58.0	31.7	3.5	28.2	10.3

\*1 PL,polar lipids; NL,nonpolar lipids. \*2 Wet basis.

## The Influence of Different Levels of Dietary Salt on the Growth and Physiological Function of Rainbow Trout and Japanese Flounder

Toshio Takeuchi (Tokyo University of Fisheries)

Shuichi Satoh (Tokyo University of Fisheries)

Masahito Yokoyama (National Research Institute of Fisheries Science)

### Summary

This study was conducted to clarify the influence of different levels of dietary salt (NaCl) on the growth and physiological function of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* and Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*.

Japanese flounder juveniles, 0.1-0.2g and 0.8g or 1.4g of body weight, were fed a diet containing mysid meal or mysid desalted meal for 14 days. Fish fed a mysid meal diet showed low growth performance, such as a low growth rate, feed efficiency, and protein efficiency ratio (PER). These aspects of growth performance were improved by the treatment of desalting mysid, and the results suggested that a diet containing more than 5% salt (NaCl) has an ill-effect on Japanese flounder.

Five groups of juvenile (1.7g) and young (59g) rainbow trout were fed different levels of NaCl(0-15%) for four or seven weeks and survival rate after transferring them to salinity (33‰) were examined during one week. A more-than-10%-NaCl-supplemented diet showed a low growth rate for young rainbow trout. However, survival rates were not decreased when these treated fish were transferred to seawater. On the other hand, fingerlings fed a more-than-7.5%- NaCl- supplemented diet showed a low growth rate, low feed efficiency and a high mortality rate after a six-week feeding trial. The highest growth performance was obtained with fish fed a 2.5% NaCl-supplemented diet. The fingerling fish fed different levels of NaCl was also influenced by seawater acclimation. High mortality was observed with fish fed 7.5% and 10% NaCl supplemented diets during seawater acclimation.

These results suggested that the suitable NaCl level in the diet for Japanese flounder and rainbow trout fingerlings was 2.5% (1.5g and 0.5g/kg · fish /day, respectively), and the excess amount of the diet for flounder, rainbow trout fingerlings and young trout was 5% (3.2g/kg · fish/day), 7.5% (1.4g/kg · fish/day) and 10% (1.3g/kg · fish/day), respectively.