

メバル類養殖の基礎研究

Ⅵ. クロソイの餌料蛋白消化率と蛋白質最適含量

池原 宏二¹⁾・永原 正信¹⁾

Fundamental Studies for Establishing Rockfish Culture Techniques

VI. The Protein Digesting Ability and the Favourable Contents of Protein in Diets for the Rockfish *Sebastes schlegeli*

KOJI IKEHARA¹⁾ AND MASANOBU NAGAHARA¹⁾

Abstract

The laboratory experiments were made to determine the digestibility for different size of young *Sebastes schlegeli* under different thermal conditions and to obtain the growth rate and food efficiency for the uniform size of the fish at various fish meal contents.

The faeces/ration ratio was inversely proportional to the fish size with a formula: $y=49.37-0.316x$ ($r=-0.8601$). The young fish (body weight 4g in mean) commenced faeces excretion one or two hours after feeding at the temperatures of 25-26°C. Duration of digesting activity at temperatures of 10-12°C was twice as long as that at 18-26°C. Digestibility of dietary protein increased in process of time within initial 24 hours at which measured ca. 90%, and after that no digestion was observed. They were independent of fish size and temperature. Fish fed on the compound feed showed normal growth, but some fed on the jack mackerel muscle for 2 months took a disease of hypovitaminosis or died. The favourable contents of protein was estimated at about 41%.

I. はじめに

クロソイ *Sebastes schlegeli* HILGENDORF の種苗生産研究は北海道(草刈・森, 1973), 青森県(高橋・ほか, 1973), 宮城県(二宮・ほか, 1977), 秋田県(佐々木, 1978)などで開始されているが, それに伴う餌料研究は少ない。

筆者らは(1980)夏期の高水温下でウスメバル稚魚とクロソイ稚魚の越夏試験を行ない, クロソイがウスメバルより摂餌活動が活発で成長や餌料効率もよく, 養殖対象種として優れてい

1) 〒951 新潟市水道町1丁目5939-22 日本海区水産研究所
(Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory, Suido-cho, Niigata 951, Japan)

ることを報告した。そこで前報に続いてクロソイの水温別排泄状態や餌料蛋白消化率、及び、蛋白質最適含量を求める実験を行なつたので報告する。

報告に先立ち、本文をご校閲下さつた浜部基次所長、大内明浅海開発部長、ご指導いただいた小牧勇蔵前浅海開発部長*、分析、図表の作成にご協力された長沢トシ子技官、供試魚の採集にご協力いただいたみずほ丸八幡徳治船長と乗組員の各位に心からお礼申し上げる。

II. 材料と方法

クロソイ稚魚はいずれも佐渡海峡内の流れ藻から採集したものであり、採集年月日と実験条件は第1表に示した。採集後室内に設置した200~800ℓ水槽に収容し、初めの3~5日間はチグリオプスで餌付けを行ない、その後実験に入るまでの期間は市販のコイ用、または、マス用配合餌料を用い、実験に使用した餌料の組成は第2表に示し、-20℃で凍結貯藏した。

排泄状態の実験と蛋白消化率の実験は1976年7月、1978年10月、1979年4月にそれぞれ同時に行なつたものである。しかし、1976年7月実験の供試魚は体重3.4~5.1gと小さく、時刻別

第1表 クロソイの採集年月日と実験条件

Table 1. Collecting and experiment conditions of the young *Sebastes schlegeli* examined.

	Experiment of faeces excretion	Experiment of protein digestibility		Experiment of favourable content of protein
Date of collection	28 May 1976	4~5 July 1978	4~5 July 1978	4~5 July 1979
Date of sorting	25 June 1976	18 Sept. 1978	18 Sept. 1978	3 Sept. 1979
Duration of starvation (day)	2	3	5	1
Period of experiment	29~31 July 1976	18~20 Oct. 1978	18~23 Apr. 1979	3 Oct.~3 Dec. 1979
Number of fishes examined	11	13	13	12 or 13
Volume of running water (ml/min.)		410~430	430~455	2100
Water temperature (C)	25.6~26.0	18.4~19.6	10.4~12.4	14.7~23.6

第2表 クロソイの蛋白消化率実験と蛋白質最適含量実験に使用した餌料組成 (湿重量, %)

Table 2. Composition of food used in the experiments of protein digesting ability and favourable contents of protein in the young *Sebastes schlegeli* (Percentages in wet weight).

	Fish meal	Flour	Pollack oil	Vitamin ^{a)} mixture	CaCO ₃	NaH ₂ PO ₄ · 2H ₂ O	Mc. collum salt	Cr ₂ O ₃	Muscle of Jack mac-kereel
Experiment of protein digestibility	54	28	12	1	1	1	1	2	0
Experiment of favourable content of protein	30	60	6	1	1	1	1	0	0
	40	50	6	1	1	1	1	0	0
	50	40	6	1	1	1	1	0	0
	60	30	6	1	1	1	1	0	0
	70	20	6	1	1	1	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	100

a) HALVER (1957)

* 現遠洋水産研究所 (Far Seas Fisheries Research Laboratory)

糞重量は計測できないため、糞の数量によつて積算排泄率を計算したが、蛋白消化率を求めることができなかつた。この実験と予備飼育に限つてろ過循環水槽内で飼育し、餌料は市販のマス用配合餌料を用い、実験時の1尾当り湿摂餌量は0.36g、その成分、給餌方法、水槽の構造、糞の処理方法は永原・ほか(1975)と同じである。1978年10月実験と1979年4月実験の供試魚は同じ稚魚を用い、大きさ別に4グループに分けた(第3表)。選別後から1979年4月実験まで800ℓ水槽内に漏斗型水槽を設置し、水槽全体の1分間当り流水量は1978年10月実験では3.0ℓ、1979年4月実験では3.8ℓである。水槽の構造、糞の処理方法、みかけ上の蛋白消化率に用いる窒素量、酸化クロームの定量などの諸条件は永原・ほか(1975)と同じである。

第3表 クロソイの蛋白消化率実験時の1尾当り摂餌量と糞重量

Table 3. Total food taken and faeces excreted by young *Sebastes schlegeli* in the experiments of the protein digesting ability.

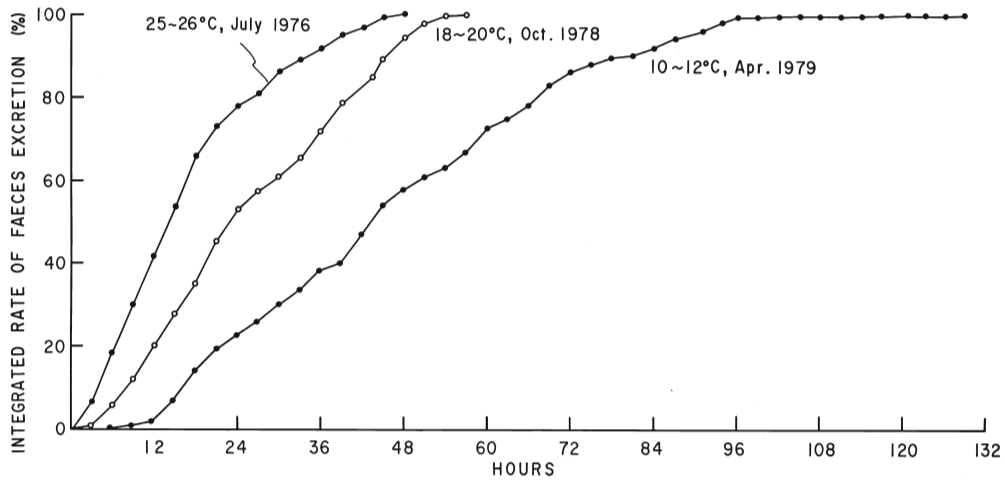
Period of experiment	Body weight (A) (wet, g)	Total food taken per fish (B) (dry, g)	$\frac{B}{A} \times 100$ (%)	Faeces weight per fish (C) (dry, g)	$\frac{C}{B} \times 100$ (%)
18~20 Oct. 1978	13.28 ± 2.32	0.51	3.8	0.25	49.0
	20.44 ± 3.92	0.81	4.0	0.37	45.7
	31.29 ± 4.73	0.94	3.0	0.37	39.4
	37.08 ± 8.70	1.57	4.2	0.52	33.1
18~23 Apr. 1979	29.24 ± 7.65	0.70	2.2	0.24	34.3
	45.88 ± 12.23	0.48	1.0	0.18	37.5
	62.78 ± 12.39	1.93	3.1	0.54	28.0
	70.32 ± 15.35	1.25	1.8	0.38	30.4

蛋白質最適含量についての供試魚はそろつた大きさのものを選別し、200ℓ容量のポリ製水槽に收容した。水槽には海から直接取水した自然海水をろ過して平均171ℓ入れ、毎分2.1ℓ注水した。餌料中の粗蛋白、カルシウム測定方法は池原・永原(1978)と同じである。

III. 結果と考察

1. 糞の排泄状態

1976年7月の平均体重4gにおける実験では、給餌後初めての糞が1時間以内に1個(全排泄物の0.4%)、1~2時間後に7個認められ、ウスメバルと同様な結果を得た(池原・永原, 1976)。その後24時間以内の排泄量が多く積算排泄率では78%に達し、48時間後まで糞が認められたが、それ以降は確認できなかつた(第1図)。また、内因性排泄物は44~48時間後に連続的に認められた。このほか、同一条件で行なつたキツネメバル稚魚(体長32.1~40.9mm、体重0.8~2.1g)では給餌後1時間以内に多数の糞が認められ、その状態が22時間後まで続き、31時間後に少なくなり、内因性排泄物は24~34時間後に認められた。すなわち、キツネメバルはクロソイやウスメバルに比較して初排泄時間、排泄終了時間とも短かいといえる。これに関して MATSUBARA (1943) はカサゴ科魚類では腸の巻き方と体長に対するその長さ、胃の形状は一定し、クロソイ、キツネメバル、ウスメバルなどメバル属では幽門垂数まで同様であると報告しているので排泄時間の差は、これらによるものではないと考えられる。キツネメバルの糞の形態は小さく丸く、クロソイやウスメバルでは太く長い。胃と腸の形態構造を含む消化管全体の長さが排泄時間に影響を及ぼすという生物学の原則からみて、糞の形態はもうひとつ別の側面、すなわち、消化管の内側の消息を示す手掛りであつて、糞形が排泄時間に特異にかか



第1図 クロソイの水溫別積算排泄率

Fig. 1. Integrated rates of faeces excretion in young *Sebastes schlegelii* under different thermal conditions.

わつていることがありうるのではなからうか。

1978年10月に行なつた平均体重13~37gの実験では、いずれも3~24時間後と33~48時間後に排泄量が多く、この大きさでは時刻別糞重量の出現傾向に相違がみられなかつた。全体の積算排泄率では24時間後に53%、48時間後に94%、51~57時間後に96~100%に達している。

1979年4月に行なつた平均体重29~70gの実験では、10月同様に大きさによる時刻別糞重量には相違がみられず、各槽とも給餌後12時間以内に排泄量が少なく、12~72時間後に比較的多かつた。全体の積算排泄率は24時間後に23%、その後漸次増加して72時間後に86%、96時間後に99%排泄され、4~5日間で排泄が終了した。しかし、早い個体では54時間後に内因性排泄物が1個認められ、57時間以降は連続的に1~2個認められた。

このように10月の13~37gや4月の29~70gの体重範囲内では積算排泄率に相違はみられない。しかし、10月の平均体重31gと4月の平均体重29gのように大きさがほぼ同一でも第1図に示したように積算排泄率や排泄終了時間が異なつていたので、この相違は供試魚の大きさによつて生じたものではないといえる。両月の水溫をみると10月では18~20°C、4月では10~12°Cであり、この水溫差による代謝量の相違に起因しているように考えられる。排泄終了時間は糞が認められなくなつた時刻や内因性排泄物の出現を基準にすると、25~26°Cでは44~48時間後、18~20°Cでは51時間後、10~12°Cでは早い個体では54時間後、大半は96時間後で、水溫が低いほど長時間要するといえる。このように、水溫が魚類の排泄生理に大きな影響を与えることは BRETT and HIGGS (1970) の例からも明らかであるから、クロソイはウスメバル (池原・永原, 1976) 同様に比較的長いものと指摘できる。

次に、10月における実験例では、1尾当たり乾物摂餌量は第3表に示したように0.5~1.6gで大きな体重程多く摂餌しているが、それぞれの体重に対する摂餌量の割合は3~4%で差は少ない。糞重量は0.25~0.52gで摂餌量と同様に大きな体重程多く排泄している。しかし、摂餌量に対する糞重量の割合は33~49%で小さな体重程多く排泄している。4月における実験例では、糞重量は0.18~0.54gで、摂餌量に対する糞重量の割合は体重の小さい順から34%、38%、28%、30%で、10月同様に小さい体重程多く排泄する傾向がある。この結果から摂餌量

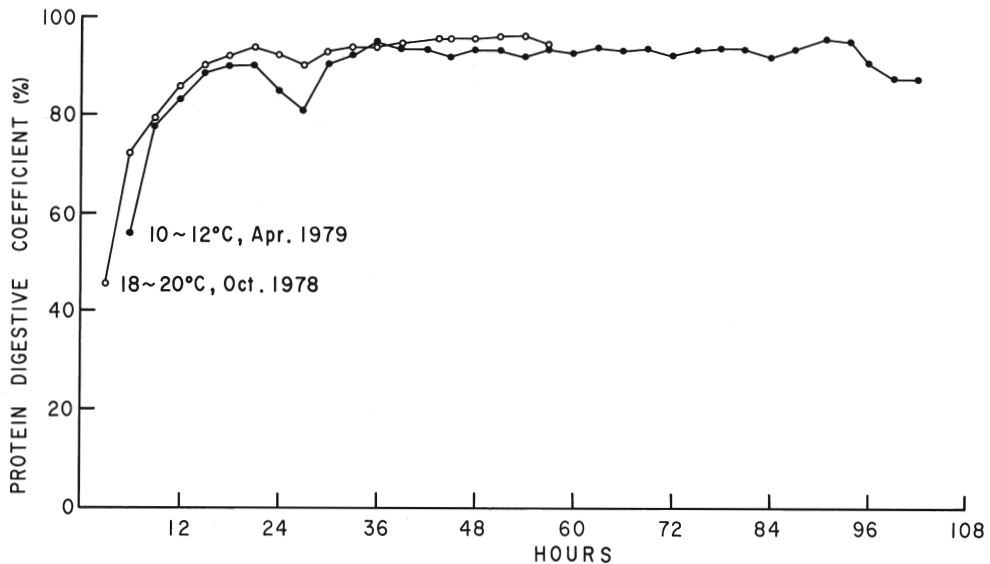
に対する糞重量の割合は魚の体重に反比例して次の式で示される。

$$y = 49.37 - 0.316x$$

$$r = -0.8601$$

2. 蛋白消化率

10月、及び、4月の実験における各漏斗型水槽の蛋白消化率は、魚体の大きさによる差違はみられずよく類似しているのので、実験月ごとに第2図に示した。



第2図 クロソイの水温別蛋白消化率

Fig. 2. Digestibility of dietary protein in young *Sebastes schlegeli* at two grades of temperature.

10月の実験例では給餌後3時間以内の蛋白消化率が46%と低いが、3~12時間後に72~85%に上昇し、12~終了時間では90~95%とかなり高い状態が長時間続いている。

4月の実験例では6時間以内の消化率が56%と低いが、6~12時間後に78~83%に上昇し、12~101時間後に一部おちこみもみられるが一般に90~96%の高率であった。101時間以降は糞重量が少ないため計測できなかつた。

両実験はいずれも類似した増大傾向を示し、時刻別に6時間以内では低率、6~12時間後に78~85%に上昇し、12時間以降では90~96%とさらに高率となり、時間の経過に伴って消化率が段階的に増大する傾向がみられた。また、10月の平均消化率が88.9%、4月のそれは90.0%で高い値を示している。従つて、クロソイの蛋白消化率は水温や体重の相違による差が少なく、ウスメバルの87.8%（永原・ほか，1975）と同様に良好であると考えられ、他の魚種の魚粉蛋白消化率（能勢，1973）と比較して優れていると判断される。

3. 蛋白質最適含量

毎日の給餌に際しては飽食するまで餌料を与えた。摂餌活動をみると配合餌料区では比較的活発で終了時の1尾当たり乾物摂餌量は28~36gであり、魚粉含有量の少ない餌料区摂餌量が多くなる傾向がみられた(第4表)。一方、マアジ肉給餌区の摂餌量は15gで、11月に入つてから摂餌活動の鈍る個体がみられた。

第4表 魚粉含量の差によるクロソイの成長と餌料効率 (1979, 10~12月)

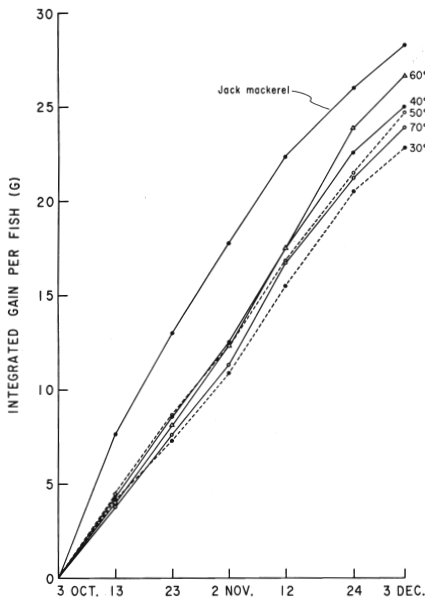
Table 4. Growth and food efficiency of young *Sebastes schlegeli* fed on compound feed with various contents of fish meal.

	Fish meal content (%)					Muscle of Jack mackerel (%) 100	
	30	40	50	60	70		
Number of fish	Start	13	12	12	13	12	13
	Finish	13	12	12	13	12	11
Body weight (g)	Start	10.45±2.54	10.53±2.46	10.70±2.62	10.48±2.17	10.38±2.10	10.34±2.18
	After 62 days	33.27±7.76	35.56±7.62	35.39±6.79	37.10±8.30	34.26±10.13	38.59±12.91
Average growth (g)		22.82	25.03	24.69	26.62	23.88	28.25
Total food taken per fish (dry, g)		35.64	34.58	30.45	30.73	28.47	15.34
Conversion efficiency (%)		64.03	72.38	81.08	86.63	83.88	184.16

次に、へい死魚は各配合餌料区とも全くみられなかつたが、マアジ肉給餌区では11月30日に1尾、12月3日に1尾みられ、へい死時の体重はいずれも17gであつた。このへい死魚の11月12日における体重は20gと23gでマアジ肉給餌区のなかでは最も小さく、この時期にはすでに遊泳動作が停止し、吻部が赤く充血していた。11月24日になるとその充血は吻部だけでなく各鱭にもみられた。この他に、マアジ肉給餌区では実験終了時に全供試魚が吻部に充血し、そのうちの数尾は各鱭も充血していた。鱭の充血現象はビタミンA(北村・ほか, 1967), B₁, B₂, C(佐藤, 1972)の欠乏症としてニジマス, ウナギ, コイなどで知られている。B₁欠乏症は生魚のみを与えた場合に起こり、これを防ぐため生魚の隔日投与, 同じく煮熱による投与, あるいはB₁含量の補給としての小麦粉などの植物性餌料投与が適しているという報告がある(青江, 1975)。今回の結果はこの報告例と一致し、マアジ肉給餌区では生肉を2カ月間毎日投与したことによる欠陥と考えられる。一方、配合餌料区では、餌料成分として20~60%の小麦粉やビタミン類が含有されていたためこのような現象が起こらなかつたと考えられる。

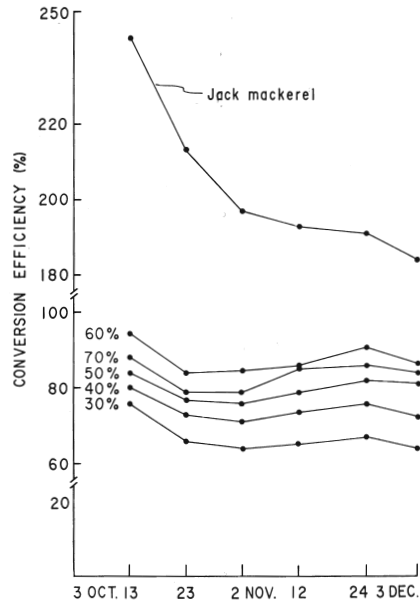
増重についてはマアジ肉給餌区が最もよく、配合餌料区も順調に推移し、とくに60%区でよい成績を示す結果を得た(第3図)。成長についてはマアジ肉給餌区と魚粉60%区が30mmで最もよく、ついで40%区, 50%区, 30%区, 70%区の順になつているが、60%区と70%区との成長差はわずか3mmにすぎなかつた。

実験終了時における餌料効率は配合餌料区では魚粉60%区が87%で最も高く、次に、魚粉70%区, 50%区, 40%区, 30%区の順となつている(第4図)。しかし、この値は夏期に行なつたクロソイの餌料効率93%(池原・永原, 1980)より低目にあらわれている。時期別餌料効率の推移の傾向は終了時の結果と同様であり、魚粉60%区が87%~93%と高い。この餌料と類似な組成の配合餌料を用いて行なつたウスメバルの餌料効率は61%であるので(池原・永原, 1978)クロソイの餌料効率は高いといえる。一方、マアジ肉給餌区の餌料効率は184%の高率であるが、月日の経過に伴なつて減少している。すなわち、配合餌料区では魚粉60%区が増重, 成長, 餌料効率のいずれも優れていることから、蛋白質最適含量は41%前後と推定される(第5表)。また、この値はウスメバル(池原・永原, 1978)をはじめ、青江(1972), 千葉(1972), 新井(1976), 竹内・ほか(1977)らが報告している各種養魚餌料の蛋白質最適含量と比較してほぼ一致しており興味もたれる。



第3図 魚粉含量の差によるクロソイの積算増重量

Fig. 3. Integrated increments of body weight in young *Sebastes schlegeli* fed on the compound feed with various contents of fish meal.



第4図 魚粉含量の差によるクロソイの餌料効率

Fig. 4. Food efficiency in the young *Sebastes schlegeli* fed on the compound feed with various contents of fish meal.

第5表 魚粉添加餌料の粗蛋白含量とカルシウム含量(乾物重量), 及び, クロソイ筋肉中のカルシウム含量(湿重量)

Table 5. Contents of crude protein and calcium in compound feed with various contents of fish meal and calcium contents in the young *Sebastes schlegeli* muscle.

Food item	Food (%)			Calcium of <i>Sebastes schlegeli</i> muscle (mg)	
	Protein	Calcium	Ash		
Fish meal content (%)	30	22.9	2.40	4.9	14
	40	29.4	3.05	6.0	18
	50	35.3	3.54	7.0	15
	60	41.3	4.14	7.9	19
	70	46.8	4.83	8.9	11
Muscle of Jack mackerel (%)	100	81.2		1.5	14

IV. 要 約

筆者らはクロソイの大きさ別, 水温別排泄終了時間, 蛋白消化率, 及び, 蛋白質最適含量を求め実験を行ない, 次の知見を得た.

1. 摂餌量に対する糞重量の割合は次の式で示される.

$$y = 49.37 - 0.316x$$

$$r = -0.8601$$

2. 稚魚の初排泄時間は水温が25~26℃の時に投餌後1~2時間にみられた。
3. 排泄終了時間は水温が低い程長くなり、10~12℃では18~26℃の場合の約2倍であった。
4. 蛋白消化率は魚体の大きさや水温差による相違がみられず、89~90%の高率であった。また、時間の経過に伴って増大する傾向がみられた。
5. マアジ肉のみを与えて2カ月間飼育した供試魚は、ビタミンA、B₁、B₂、C欠乏症と同様な鱗の充血個体やへい死個体がみられた。しかし、小麦粉とビタミン類を添加した配合飼料区ではこのような現象は全くみられなかつた。
6. 蛋白質最適含量は41%前後と推定された。

文 献

- 青江 弘 (1972). 蛋白質・アミノ酸. 水産増殖, **20** (4~5) : 231-246.
- (1975). ビタミン. 養魚飼料学, 恒星社厚生閣. 東京. : 110-159.
- 新井 茂 (1976). アユの蛋白質要求量. 昭和51年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, : 46.
- BRETT, J. R. AND D. A. HIGGS (1970). Effect of temperature on the rate of gastric digestion in fingerling sockeye salmon. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **27** (10): 1767-1779.
- 千葉健治 (1972). 蛋白含有量の異なる配合飼料によるボラの飼育について. 昭和47年度日本水産学会春季大会講演要旨集, : 227.
- HALVER, J. E. (1957). Nutrition of salmonoid fishes III. Water-soluble vitamin requirements of chinook salmon. *J. Nutrition*, **62** (2): 225-243.
- 池原宏二・永原正信 (1976). メバル類養殖の基礎研究 II. ウスメバル稚魚の消化管内における飼料滞留時間について. 日水研報告, (27) : 35-40.
- ・——— (1978). メバル類養殖の基礎研究 IV. ウスメバル稚魚用飼料の蛋白質最適含量と脂質最適含量. 日水研報告, (29) : 103-110.
- ・———・山田悦正・内木幸二 (1980). メバル類養殖の基礎研究 V. ウスメバル稚魚とクロソイ稚魚の越夏試験. 日水研報告, (31) : 57-63.
- 北村佐三郎・諏訪富雄・大原修平・仲川憲一 (1967). ニジマスのビタミン要求に関する研究 II. 14種ビタミンの欠乏症について. 日水会誌, **33**(12) : 1120-1125.
- 草刈宗晴・森 泰雄 (1973). 魚類種苗培養技術開発試験クロソイ. 昭和47年度事業報告書北海道立栽培漁業総合センター, : 13-22.
- MATSUBARA K. (1943). Studies on the scorpaenoid fishes of Japan anatomy, phylogeny and taxonomy (1). *Transact. Sigenkagaku Kenkyusyo*, (1): 1-170.
- 永原正信・池原宏二・古川厚 (1975). メバル類養殖の基礎研究 1. ウスメバル稚魚の飼料蛋白消化率について. 日水研報告, (26) : 27-33.
- 二宮保男・山田薫・関二郎 (1977). 種苗量産技術開発事業 クロソイ種苗生産試験. 宮城県気仙沼水産試験場事業報告 (昭和50年度), : 7-8.
- 能勢健嗣 (1973). 各栄養素の消化率. 養魚飼料学, 恒星社厚生閣. 東京. : 37-47.
- 佐々木 功 (1978). 指定調査研究総合助成事業 (クロソイ種苗生産). 昭和52年度秋田県水産試験場事業報告書, : 360.
- 佐藤 守 (1972). ビタミン. 水産増殖, **20**(4~5) : 277-288.
- 高橋邦夫・早川 豊・佐藤 敦 (1973). 栽培漁業開発調査 種苗生産技術開発試験クロソイ. 青森県水産増殖センター事業概要 (昭和45, 46年度), (2) : 123-133.
- 竹内俊郎・横山雅仁・渡辺 武・荻野珍吉 (1977). ニジマス飼料における蛋白質および油脂の至適添加量. 昭和52年度日本水産学会春季大会講演要旨集, : 192.