HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	飼育下におけるスケトウダラ成魚の摂食量と成長
Author(s)	吉田, 英雄; 桜井, 泰憲
Citation	日本水産学会誌, 50(5), 763-769 https://doi.org/10.2331/suisan.50.763
Issue Date	1984
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/35532
Rights	© 1984 公益社団法人日本水産学会
Type	journal article
File Information	50_763.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 50(5), 763–769 (1984)

飼育下におけるスケトウダラ成魚の摂食量と成長*1

吉田英雄・桜井泰憲

(1983年9月12日受理)

Relationship between Food Consumption and Growth of Adult Walleye Pollock *Theragra chalcogramma* in Captivity

Hideo YOSHIDA*2 and Yasunori SAKURAI*3

Food consumption rate and growth rate of the adult walleye pollock were measured at different temperatures (2–7, 4–10 and 9–15°C), body sizes (33–35, 35–39 and 39–45 cm) and foods (juvenile walleye pollock, squid and sandlance).

1. The amount of daily intake indicated peaks at intervals of 5 days.
2. The efficiency of assimilation was almost constant for range of temperature and body size, and for each food item adapted in these experiments. However, the efficiency of dissimilation increased with the increase in temperature.
3. An empirical linear equation was established on the relationship between daily feeding rate (R) and daily growth rate (G) at 2–7°C: $G=0.370R-0.225$.
4. Body weight and condition factor increased linearly with increase of ration, but body length increased asymptotically.
5. Estimated food requirements of adult walleye pollock was 1.1% of body weight per day.

スケトウダラ *Theragra chalcogramma* は，北部北太平洋，日本海，オホーツク海およびベーリング海などの大陸棚およびその斜面域はもとより，大陸棚斜面より沖合の外洋域まで広く分布し，漁業資源としての価値は極めて高く，1978年以降の日本の漁獲量は150万トン台の水準にある。

この膨大な資源量を維持しているスケトウダラ個体群の生物生産過程を解明するためには，飼育実験による摂食量や成長量等の基礎資料が不可欠であるが，これまでのスケトウダラに関する研究は，利用・加工方面の研究を除くと，漁場学的・資源生物学的見地から扱われた野外調査研究がほとんどであり，飼育実験的研究は，卵稚仔に関してわずかに行われている[1-4]にすぎない。近年，桜井[5]により，水槽内におけるスケトウダラの繁殖行動観察がなされ，野外調査研究の吟味が行われるようになった。

本研究では，成魚を投餌飼育し，摂食量および成長量を求め，これらの結果をもとにスケトウダラ成魚の年間食物要求量の試算を試みた。

材料および方法

実験に供したスケトウダラは，1979年と1980年の1～3月にかけて，北海道日本海の熊石沖合，および噴火湾湾口部の水深100m以浅の海域で，釣りおよびはえ縄により採集した。捕獲された個体は被鱗体長33～45cm，体重210～780gで産卵期の盛期および後期の雄が大半を占めた。採集および飼育の手順は，大西洋産タラ科魚類における飼育実験[6]およびスケトウダラの繁殖行動実験[5]の方法に準拠した。

北海道大学水産学部附属臼尻水産実験所において，約1トン容量の青色の丸型水槽数器に，各々5～7尾ずつ収容し，手渡しによる投餌で2～3週間の馴致飼育の後，3日間餌止めをし，MS 222（希釈濃度1万分の1）で麻酔をして体長，体重を測定した後実験を開始した。各個体の背部にプラスチック製標識をつけて個体識別を行った。

スケトウダラは，水面上で手やピンセットから与えられた餌を容易にとるようになる（Fig. 1）。投餌の際，摂餌欲求の強い1～2尾の優位な個体により餌を占有され

*1 北海道大学水産学部北洋水産研究施設業績第157号 (Contribution No. 157 from the Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University).

*2 北海道大学水産学部北洋水産研究施設 (Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate 041, Japan).

*3 青森県営浅虫水族館 (Aomori Prefectural Asamushi Aquarium, Aomori 039-34, Japan).

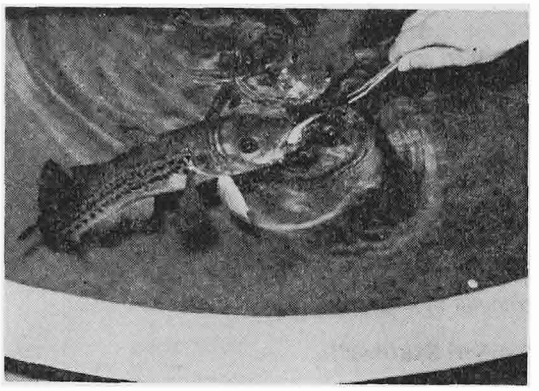


Fig. 1. Surface feeding by walleye pollock in feeding experiment.

たため，劣位の個体にも餌が与えられるように，投餌は日中 1～2 時間間隔をおいて2回行い，餌を吐出する個体が出た時投餌を止めた。

投餌間隔を 2～3 日とした飼育を第1実験区として 23～51 日間継続した。餌は 1～3 g のスケトウダラ幼魚，スルメイカ *Todarodes pacificus* 外套筋肉およびイカナゴ *Ammodytes personatus* 胴部の切り身を用いた。1979 年には 3 段階の水温により3実験区を設け，1980 年には餌の種類（スケトウダラ幼魚とイカナゴ）と体長（小型・中型・大型）の組合せにより 6 実験区を設けた (Table 1)。実験結果は，HATANAKA and TAKAHASHI[7] に従い，直線式 G＝aR－b (G: 日間成長率＝平均日間成長量×100/ 中間体重，R: 日間摂餌率＝平均日間摂餌量×100/中間体重) で表わした。ここで直線式の傾斜 (a) は同化率を，常数項 (b) は異化率を示す。また，10日当りの体長，体重および肥満度（体重×10^6/体長^3）の増加量を求めた。

光条件は室内ではあるが自然光下とし，投餌時間以外は外部刺激を少なくするために青色のシートで水槽を覆った。飼育海水は，自然海水を半沪過槽に通したもので，溶存酸素は飽和もしくは過飽和，pH 値は 8.1～8.3 の範囲であった。飼育期間中の水温，塩分の変化は，1979 年では 2～15°C，31.4～33.8‰，1980 年では 4～7°C，31.9～33.7‰ であった。実験期間中，眼球の膨脹等の異常が見られた個体は除外した。

結　　果

日間摂食量　日間摂食量は最大で体重の 11.8% であった。各個体を通じ，日間摂食量の極大，極小値に数回の周期性がみられた。特に餌が十分に与えられた個体で

Table 1. Experimental details of walleye pollock

Experimental number	Dates	Duration day	No. of fish	Mean water temp. (range) °C	Mean average body length (range) mm	Mean average body weight g	Food***
79 Exp. 1	1979 7 Mar.–26 Apr.	51 (35)*	16	4.28 (2.5–7.0)	400.0 (356.5–442.0)	482.4 (379.0–664.0)	S SL JW
79 Exp. 2	1979 26 Apr.–23 May	27	14	7.16 (4.1–10.3)	—	494.5 (388.0–736.0)	S SL JW
79 Exp. 3	1979 23 May–19 Jun.	27	11	11.15 (8.9–14.8)	—	533.2 (348.5–748.3)	S SL JW
80 Exp. 1	1980 22 Mar.–16 Apr.	25 (23)**		5.51 (4.5–6.0)			JW
		Small fish	10		337.4 (326.0–348.5)	270.6 (192.3–380.3)	
		Median fish	12		363.3 (350.5–388.3)	335.2 (245.0–432.0)	
		Large fish	10		413.3 (394.5–446.5)	552.5 (388.5–703.8)	
80 Exp. 2	1980 16 Apr.–11 May	25		5.70 (4.5–7.0)			SL
		Small fish	9		341.4 (330.5–350.0)	308.7 (257.5–388.5)	
		Median fish	12		365.2 (349.3–392.5)	379.6 (222.8–494.8)	
		Large fish	10		416.7 (397.0–448.5)	621.6 (470.5–839.5)	

* one fish, ** seven fishes, *** S: Squid, SL: Sandlance, JW: Juvenile walleye pollock.

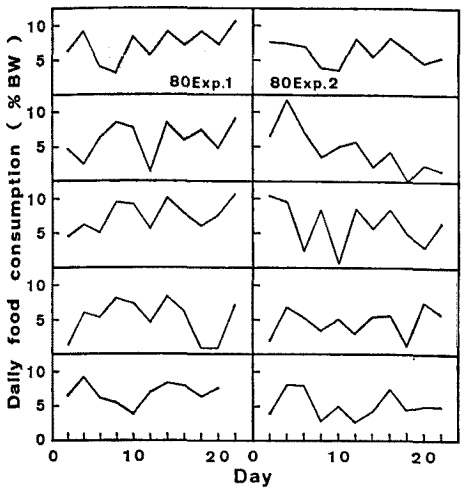


Fig. 2. Ingestion rates of walleye pollock in 80 Exp. 1, 2.

は 4～10 日（平均 5 日）間隔の周期で極大値が現われた (Fig. 2)。

摂食量と成長の関係　日間摂餌率と日間成長率との関係を Figs. 3, 4, Table 2 に示した。両者の関係は回帰直線式によく適合し，同化率は 33.9～52.8%，異化率は体重の 0.210～0.530% であった。これらの関係式から体維持のための日間摂餌率は体重の 0.539～1.246% と算出される。

餌としてスルメイカ，スケトウダラ幼魚およびイカナゴを混合して与えた 79 Exp. 1～3 では，体長の範囲は 80 Exp. 1, 2 の中型・大型群に相当する。回帰直線式の傾斜と修正平均値（高さ）の検定を行ったところ，傾斜は 3 実験区間で統計的に有意な差はなかったが（危険率 20% 以上），修正平均値は平均水温 4.3°C と 11.2°C の実験区間で有意な差がみられた（危険率 2.5～5%）。

水温条件は，ほぼ同一で餌条件と体長範囲の異なる 80 Exp. 1, 2 では，傾斜は各実験区間で統計的な差はない（危険率 30% 以上）。また，同一の餌で飼育された異なる体長群間では修正平均値に有意差はみられなかったが（危険率 5% 以上），スケトウダラ幼魚を餌とした体長 32～35 cm の小型群 (80 Exp. 1–Small fish) とイカナゴを餌とした各体長群 (80 Exp. 2) との間に有意差がみられた（危険率 0.5～1%）。

以上のことから，スケトウダラ成魚の通常の生息水温条件 (2～7°C)[8] における日間摂餌率 R と日間成長率 G の関係を 80 Exp. 1 の小型群を除き 79 Exp. 1 を含めて求めると下記の関係式が得られる。

$$G=0.370R-0.225 \quad (N=69, r=0.920)$$

この関係式から求められる飼育下での体維持のための日間摂餌率は体重の 0.609% である。

摂食量と体長，体重および肥満度の関係　日間摂餌率と体長，体重および肥満度との関係を求めた (Fig. 5a～c)。体重および肥満度の増加量は日間摂餌率と共に増すが，体長の増加は日間摂餌率の増加に伴い漸近線として示される。最大体長増加量は日間摂餌率 2% 付近で 10 日当り 3.6 mm であった。また，体長増加量は日間摂餌率が 1% 以上では平均 1.2 mm 程度であったが，0.5% 以下では体重，肥満度と同様に減少傾向がみられた。

考　察

飼育中の摂餌行動と順位関係　飼育期間中各水槽には 5～7 尾ずつ収容したが，投餌の際順位関係がみられた。餌の占有は，餌を 2 回に分けて与えることにより緩和されたことから，順位関係の要因としては，各個体の摂餌欲求の度合いが考えられる。しかし，収容尾数の多い水槽では常に水槽の底にいるため，全くあるいは少量の餌しか与えられない劣位個体がみられた。スケトウダラは形態的に下顎が上顎より突出しているため，水槽の底の

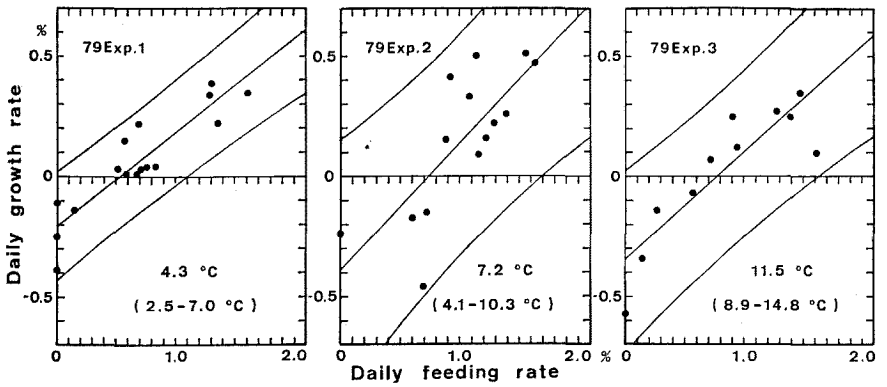


Fig. 3. Relationship between daily feeding rate and daily growth rate of walleye pollock (BL: 357–442 mm, BW: 349–748 g) in 1979. Curves indicate 95% confidence limits.

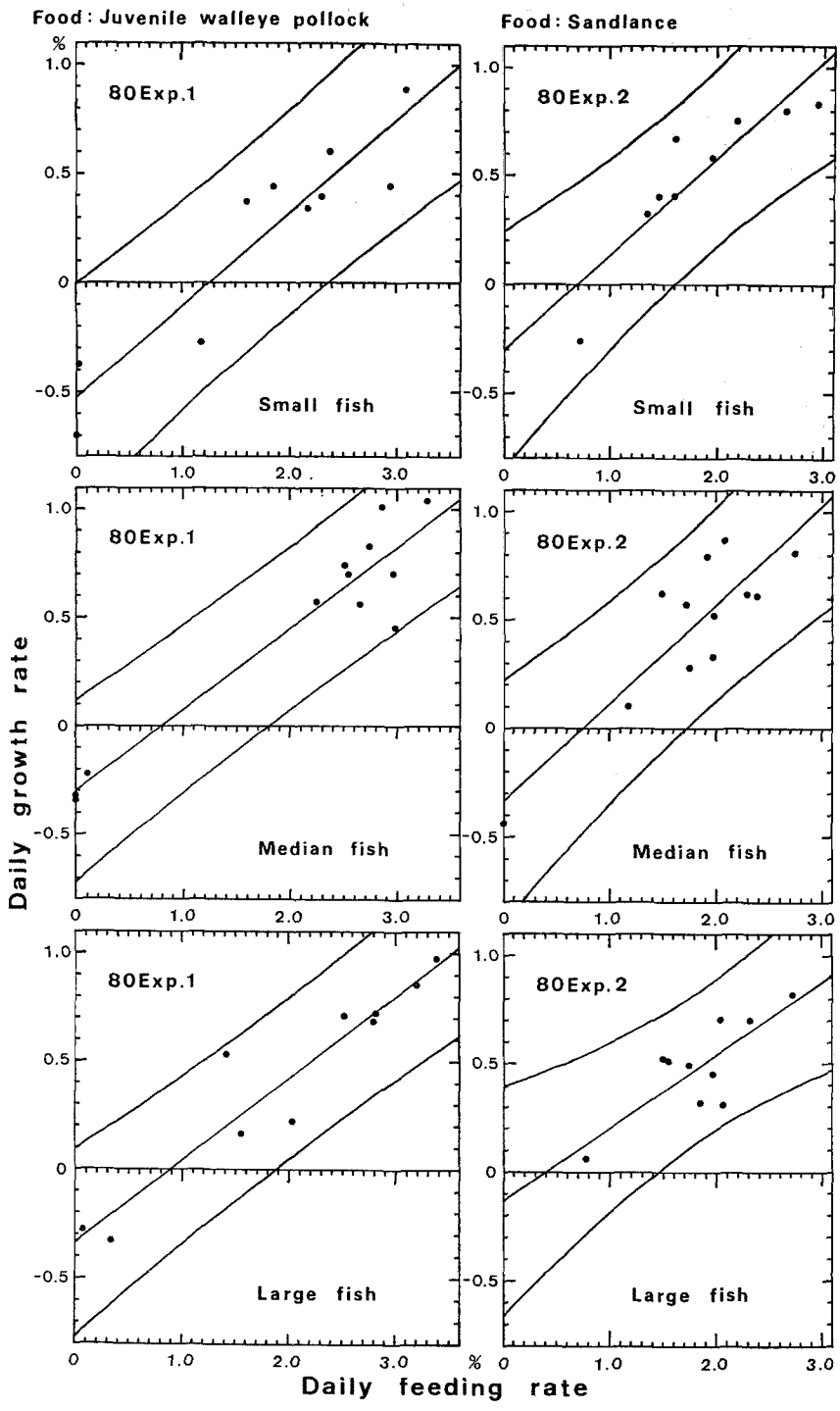


Fig. 4. Relationship between daily feeding rate and daily growth rate of walleye pollock at 4.5–7.0°C in 1980. Curves indicate 95% confidence limits.

餌をとる姿勢は非常に稚拙であり，食性研究において，固着・匍行・穿孔性の底生生物がほとんど捕食されていない事実[9]と一致する。このようなスケトウダラの摂餌生態を考慮に入れると，収容密度も順位関係の要因の一つと考えられる。

日間摂食量の周期性　日間摂餌食量の周期性は，摂餌

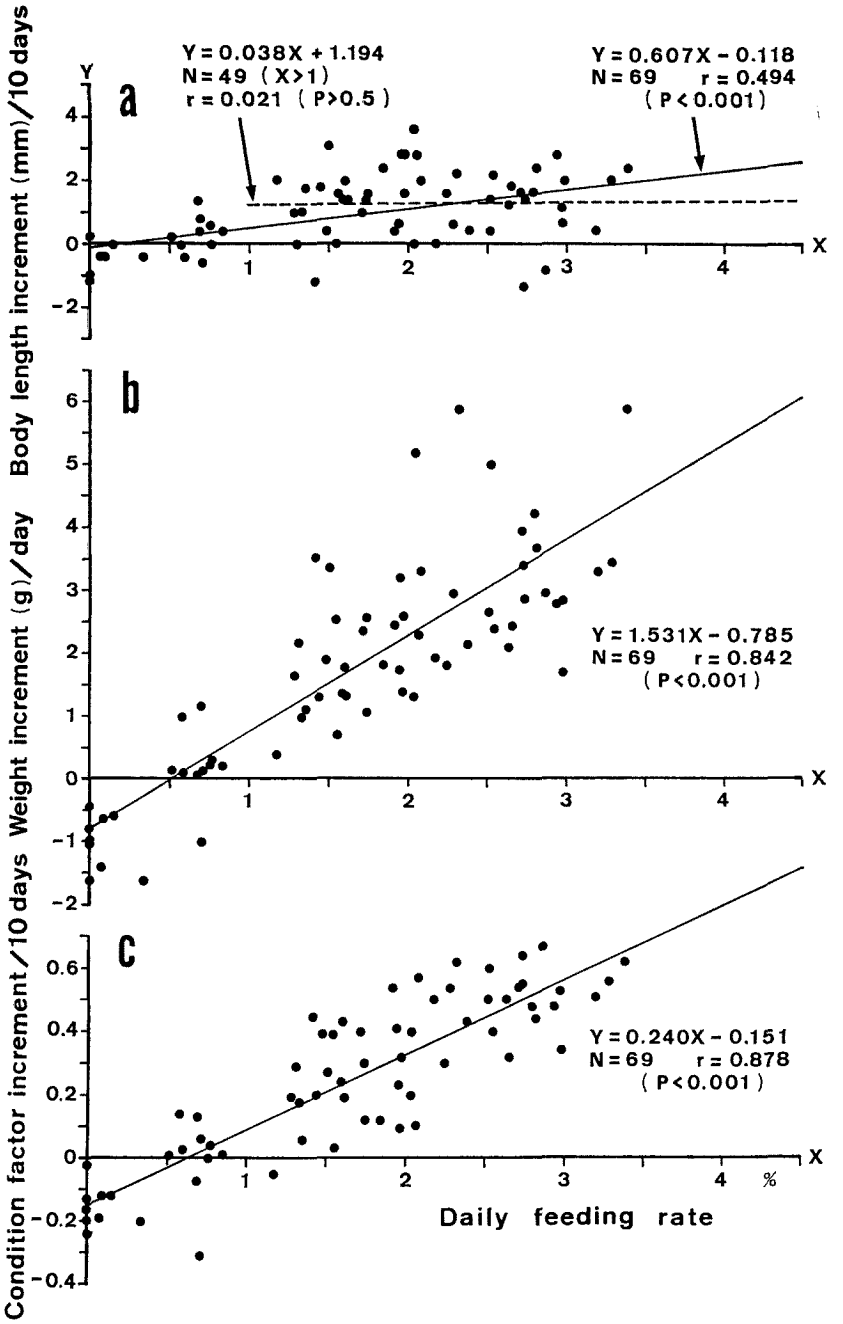


Fig. 5. a, Relationship between length increment/10 days (mm) and daily feeding rate. b, Relationship between weight increment/day (g) and daily feeding rate. c, Relationship between condition factor increment/10 days and daily feeding rate.

欲求が反映されたものと考えられる。餌が十分に与えられた個体における5日の周期は，水温 4～7°C における食物が胃を通過するに要す時間と一致し（吉田，未発表），胃の充満の度合が日間摂食量の周期性と関連していると思われる。

摂食量と成長の関係　同化率は，本実験の水温，餌および体長の範囲内では一定と考えられ，本実験の魚体と同サイズの大西洋産タラ科魚類の同化率[10]とほぼ同じ値

Table 2. Slopes (a) and constants (b) of regressions of daily growth rate on daily feeding rate calculated from regression equations of the form G=aR−b where G=daily growth rate (rate in percentage of amount of daily growth to average body weight) and R=daily feeding rate (rate in percentage of daily ration to average body weight)

Experimental number		N	Slope (a)	Constant (b)	Intercept on food axis	Correlation coefficient
79 Exp. 1		16	0.3901	0.2102	0.5388	0.906 (P<0.001)
79 Exp. 2		14	0.5283	0.3930	0.7439	0.760 (0.001<P<0.01)
79 Exp. 3		11	0.4451	0.3483	0.7825	0.874 (P<0.001)
80 Exp. 1	Small fish	10	0.4252	0.5298	1.2460	0.929 (P<0.001)
	Median fish	12	0.3739	0.2975	0.7957	0.950 (P<0.001)
	Large fish	10	0.3786	0.3373	0.8909	0.949 (P<0.001)
80 Exp. 2	Small fish	9	0.4434	0.3056	0.6892	0.894 (0.001<P<0.01)
	Median fish	12	0.4559	0.3397	0.7451	0.866 (P<0.001)
	Large fish	10	0.3388	0.1368	0.4038	0.792 (0.001<P<0.01)
79 Exp. 1 80 Exp. 1, 2 (except 80 Exp. 1 Small)		69	0.3677	0.2252	0.6088	0.920 (P<0.001)

であった。しかし，異化率は水温に伴い増加することが示された。

80 Exp. 1 の小型群は，餌の異なる 80 Exp. 2 の各体長群との修正平均値間に有意差を生じた。スケトウダラ幼魚の餌のカロリー価は 1 g 当り 1 Cal である。* イカナゴの体成分は産地と漁期によってかなりの変化がある[11]が，ハマチ養殖におけるマアジ *Trachurus japonicus* (1.10～1.18 Cal/g[12,13]) とイカナゴの増肉係数[14]の比を用いてイカナゴのカロリー価を試算してみると，およそ 1.2 Cal/g となり，スケトウダラ幼魚よりもカロリー価は高い。また，魚の異化率は魚体の大型化に伴い減少することが知られている。[7] 80 Exp. 1 の小型群は，最小体長群であることと，餌としてスケトウダラ幼魚を用いたことの複合的な結果として修正平均値に統計的有意差が出たと考えられる。

体長は，摂餌率が増しても増大せず，むしろ中程度の摂餌率で最大値を示した。同様な結果は，大西洋産タラ科魚類の cod *Gadus morhua* や haddock *Melanogrammus aeglefinus* でもみられる。[6]

年間食物要求量の試算 本研究で得られた日間摂餌率と日間成長率の関係式を用い，スケトウダラの成長量[15]から，スケトウダラ成魚の年間食物要求量を求めてみた (Table 3)。さらに，魚体重がほぼスケトウダラ成魚と同一の大西洋産タラ科魚類の haddock,[10,16] cod[10,16,17] そしてマサバ *Pneumatophorus japonicus*[7] についても年間食物要求量を求め比較した。

亜熱帯性のマサバと比較して，亜寒帯性のタラ科魚類は同化率が高く，概して食物要求量は少ない。タラ科の中では，スケトウダラと haddock の食物要求量は同程度であるが，cod は飼育水温を考慮しても食物要求量が多く，これが成長の良い要因となっている[16]ことがわかる。スケトウダラは越冬期に摂餌指数が低下することや産卵場の群は空胃であること[8,18]から，索餌期間を約 10 カ月 (300 日) として，水温 2～7°C における 1 日当りの食物要求量を求めると，体重の 1.1% となる。

以上の試算は，海洋での産卵，回遊，索餌等に要するエネルギーは含まれていないが，海洋での最小限の生活を営む要求量とみることができる。

要　　約

スケトウダラ個体群の食物要求量を算定する基礎資料を得るために，成魚を水温，体長および餌の違いにより

* 福地光男：沿岸滞留期スケトウダラ卵稚仔の栄養生態学的研究，北海道大学水産学部大学院博士論文 (1976).

Table 3. Estimates of minimum annual food requirements of walleye pollock, haddock, cod and mackerel

Species	Walleye pollock		Haddock	Cod		Mackerel
Data source	This paper YAMAGUCHI and TAKAHASHI, 1972		JONES and HISLOP, 1978 JONES, 1978	EDWARDS *et al.*, 1972 JONES and HISLOP, 1978 JONES, 1978		HATANAKA and TAKAHASHI, 1960
Age	4–5		4–5	2–3		1–2
Mean weight (g) in nature (Range)	477 (379–574)		521 (440–602)	1126 (565–1686)		461 (318–605)
Water temp. in experiment (°C)	2.5–7.0	8.9–14.8	12–13	13	16	16.9–19.4
Mean weight (g) in experiment	446	533	500	655	655	371
Equations	G=0.370R −0.225	G=0.445R −0.348	G=0.326R −0.191	G=0.38R −0.302	G=0.38R −0.389	G=0.080R −0.346
Annual growth increments (g)	195	195	162	1121	1121	297
Annual food requirements (g/yr)	1586	1792	1611	6216	7157	10990

9 実験区に分けて飼育し，摂食量と成長量の関係を求めた。

1. 各個体の日間摂食量に約 5 日間隔の増大・減少の周期性が認められた。

2. 同化率は，本実験の水温，餌および体長の範囲内では一定であるが，異化率は，水温の上昇に伴い増加することが示された。

3. 日間摂餌率（R：平均日間摂餌量×100/中間体重）と日間成長率（G：平均日間成長量×100/中間体重）との関係は，G=0.370R−0.225 (N=69, 体長 33～45 cm, 水温 2～7°C) と表わせた。

4. 体重と肥満度の増加量は，日間摂餌率と共に増すが，体長の増加は日間摂餌率の増加に伴い漸近線として示された。

5. 年間食物要求量の試算から，スケトウダラ成魚は少なくとも 1 日当り体重の 1.1% の食物が必要である。

謝　辞

論文作成に当り御助言いただいた北海道大学水産学部三島清吉教授，久新健一郎教授並びにアラスカ大学西山恒夫博士に深謝する。スケトウダラの飼育実験並びに採集に際し，終始御協力いただいた北海道大学水産学部附属臼尻水産実験所嵐田洋悦氏，野村潔氏並びに同実験所職員一同，同学部附属調査船うしお丸乗組員一同，臼尻漁協所属其田良太郎氏，相沼内漁協所属山田喜代市氏に心より謝意を表する。

文　献

1) 山本喜一郎・浜島清正：生物，**2**，172–177 (1947).
2) 遊佐多津雄：北水研研究報告，**10**, 1–15 (1954).
3) I. HAMAI, K. KYUSHIN and T. KINOSHITA: *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **25**, 20–35 (1974).
4) 前林　衛・清野通康：水産増殖，**27**，137–141 (1979).
5) 桜井泰憲：海洋と生物，**5**, 2–7 (1983).
6) R. JONES and J. R. G. HISLOP: *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, **34**, 174–189 (1972).
7) M. A. HATANAKA and M. TAKAHASHI: *Tohoku J. Agr. Res.*, **11**, 83–100 (1960).
8) 前田辰昭：日水誌，**38**, 362–371 (1972).
9) 飯塚　篤・黒萩　尚・生田浩三・今井辰一郎：北水研研究報告，**11**, 7–20 (1954).
10) R. JONES and J. R. G. HISLOP: *J. Cons. int. Explor. Mer.*, **38**, 244–251 (1978).
11) 原田輝雄：ハマチ・カンパチ．養魚学各論（川本信之編），水産学全集 23，恒星社厚生閣，東京，1967, pp. 453–493.
12) 社団法人資源協会：改訂日本食品標準成分表，第一出版，東京，1954, pp. 28–29.
13) 科学技術庁資源調査会：三訂日本食品標準成分表，初版，大蔵省印刷局，東京，1963, pp. 38–39.
14) 佐藤正明：ハマチ・カンパチ．養魚学講座（大島泰雄・稲葉伝三郎監修），第 4 巻，第 1 版，緑書房，東京，1969, pp. 97–108.
15) 山口閑常・高橋善弥：遠洋水研研究報告，**7**, 49–69 (1972).
16) R. JONES: *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, **38**, 18–27 (1978).
17) R. R. C. EDWARDS, D. M. FINLAYSON and J. H. STEEL: *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **8**, 299–309 (1972).
18) 前田辰昭・高橋豊美・上野元一：日水誌，**49**, 577–585 (1983).