

ハクレンの摂餌と成長について*

熊丸敦郎・光田三男・浜田篤信・津田勉

植物プランクトンは光合成によって酸素を生産し系内の物質循環を安定した状態に保っている。しかし、ある限界を越える程度に増殖する場合には酸素欠乏状態におちいたり¹⁾、湖岸に吹きよせられ悪臭を放ち景観を損ね、或る種の水利用には不適となる。一方漁業の側からみると、植物プランクトンは直接には殆んど魚類に利用されておらず生産と分解をくりかえしている。湖沼の漁業生産には当然限界があつて、霞ヶ浦では現在のところ貝類を限れば11,000トンと見られている²⁾。もし、適正な植物プランクトン食性魚の導入ができればアオコの除去という観点からも意義があろう。また現在ハクレンのように食品としては価値が殆んど認められていない魚種であるとしても餌料等の間接的な利用方法の開発はハクレンあるいはアオコを有用な生物と変えるであろうし、さらに将来の食料問題を考えれば、興味深い魚種といえよう。このような観点からハクレンの植物プランクトンの摂取量やその魚への転換について検討を加えたので報告する。

実験の方法

ハクレンは馴化しにくい魚である。そこで実験には主として10g以下の大きさのものを使用した。摂餌量の測定方法は、消化管をホモジナイズしアセトンで色素を抽出し比色によって濃度を求め、別に作成したその時の植物プランクトン濃度と色素濃度の検量線から植物プランクトン摂取量を算出した。植物プランクトンはMicrocystis が優占する湖水をプランクトンネットでろ過しさらにろ紙でろ過し集めた。

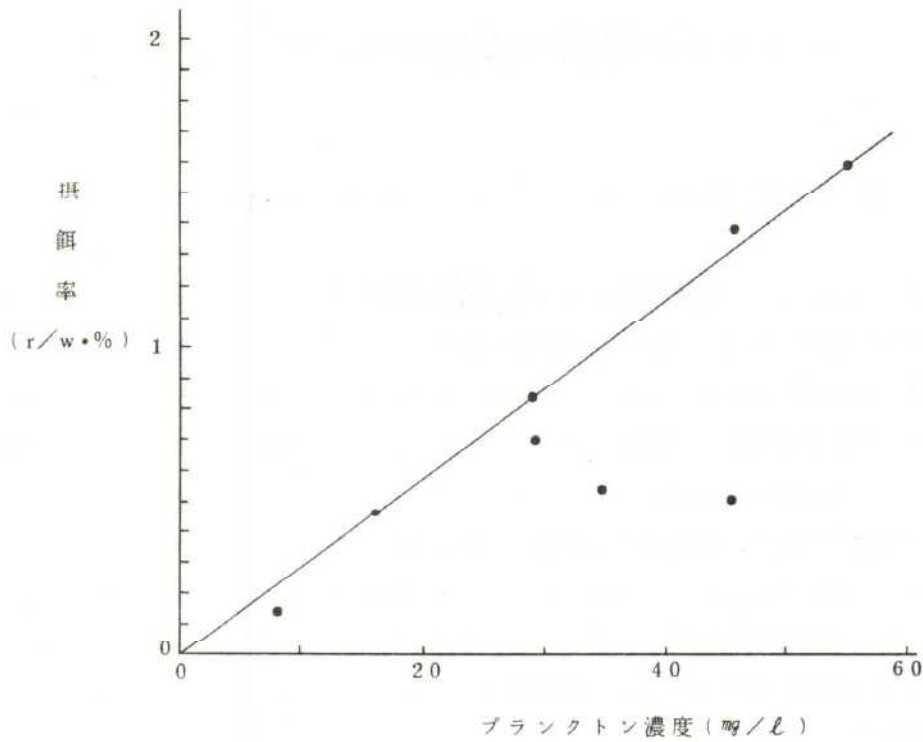
消化率は植物プランクトンに乾燥重量で5%になるようにアルミ粉を加えて摂取させ消化管の前部と後部の胃内容物を取り出し、その乾燥重量と灰分を測定し、あらかじめ求めておいた植物プランクトンの灰分を全体の灰分から差し引いてアルミ粉の量を算出しこれから消化率を求めた。

1 植物プランクトンの濃度と摂餌量の関係

Microcystisの濃度が8~60ppmの水槽に地下水中で絶食させたハクレンを収容し1時間後にとりあげて摂餌量を測定した。結果は第1表、第1図のとうりであるが0~60mg/lの濃度の範囲では摂餌率はプランクトン濃度に比例して増加しているようである。

次に体重の差による摂餌量の変化を知るために体重0.1~1.2gのハクレンについて摂餌量を測定した(第2表)。ハクレンは植物プランクトンを鰓はによってろ過し体内にとり入れるから、摂餌量/プランクトン濃度=ろ過水量と考えられる。第2表の結果にもとずいて魚体重とろ過水量の関係を図示すると第2図が得られる。プランクトン濃度は2.9~5.5mg/lであるが、ろ過水量はプランクトン濃度に関係なく、体重の2/3乗に比例して増加しているようで、ろ過水量(Q)は、

*昭和45年日本水産学会年会にて一部口頭発表



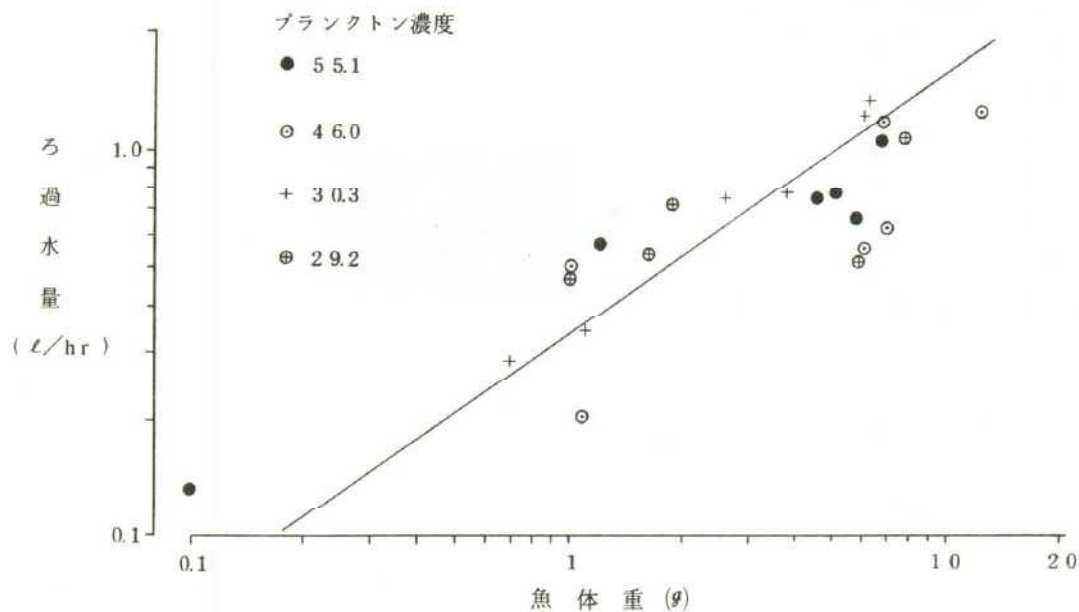
第1図 プラクトン濃度と摂餌率の関係

第1表

濃度 (mg/l)	体重 (g)	摂餌量 (乾燥重量mg)	摂餌率 (%)
55.1	1.2	19.2	1.60
46.0	1.1	5.69	0.516
	1.0	13.9	1.39
30.3	1.1	6.05	0.55
29.2	1.6	11.2	0.70
	1.0	8.36	0.836
16.3	1.25	5.69	0.455
8.2	2.58	3.73	0.145

第2表 魚体重と摂餌量の

濃度 ppm	体重 (g)	摂餌量 (mg/hr)	ろ過水量 (l/hr)
55.1	6.8	60.0	1.09
	5.9	37.8	0.686
	5.0	43.5	0.789
	4.6	41.4	0.751
	1.2	32.3	0.586
	0.1	7.2	0.131
46.0	12.3	59.8	1.30
	6.6	55.2	1.20
	7.0	28.9	0.628
	6.1	25.8	0.561
	1.1	9.5	0.207
	1.0	2.3	0.50
30.3	6.3	38.1	1.26
	6.2	41.2	1.36
	3.7	23.6	0.778
	2.6	23.3	0.769
	1.1	10.2	0.337
	0.7	8.7	0.287
29.2	7.7	32.1	1.10
	5.4	17.0	0.582
	1.6	1.89	0.647
	1.9	2.15	0.736
	1.0	14.0	0.479



第2図 魚体重とろ過水量の関係

$$Q (\ell/hr.) = 0.33 W^{2/3}$$

となる。しかし、摂餌をさせるためにハクレンを水槽から他方へうつす等の操作があるため、結果はどちらかといえば低目に出る傾向にある。そこで、ここでは上限の値を採用する方が、妥当と思われる。したがって

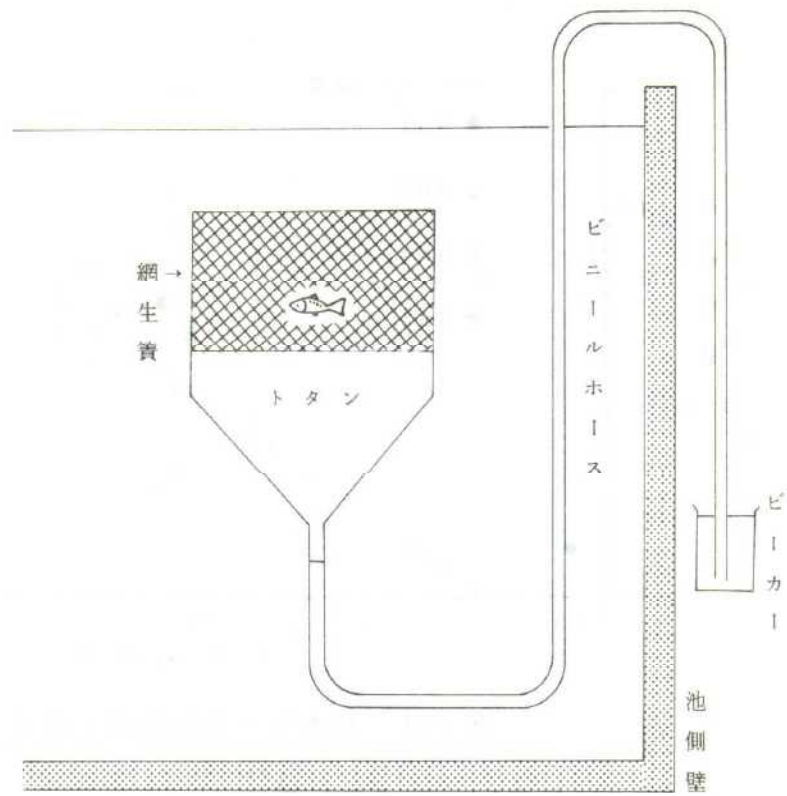
$$Q (\ell/hr.) = 0.50 W^{2/3}$$

となる。

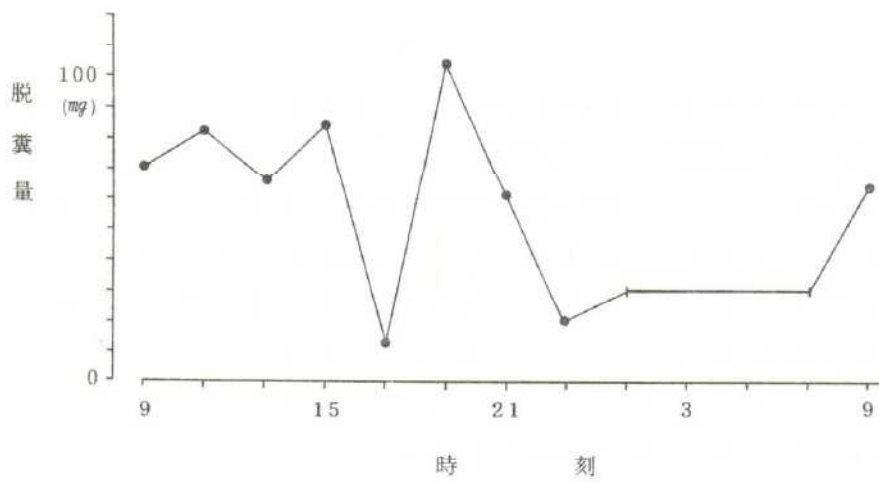
この値は1時間当りであるが、重要なのは1日当りの値である。しかし、単純に24倍するのがよいかどうか検討の余地がある。この点を吟味する目的で第3図のような水槽を屋外の池中に設置し湖水を注入しながらハクレンを5尾収容し排便量を測定した。結果は第3表、第4図の通りである。脱糞量は日中は60~100mgの範囲で17時の1例を除き安定した値を示しているが21時以降は明らかに低下し20~30mgとなる。脱糞と摂餌の間には数時間のズレがあると考えられ脱糞と摂餌が一致するとは考えられないが、この結果から日中は摂餌を行っていると思われる。したがって4~10月の間には1日15時間程度が摂餌が可能な時間と見なしてさしつかえなからう。いま日間摂餌量を r 、プランクトン濃度を P とすれば、

第3表 脱糞量の日変化

時刻	糞量 (mg)
9 ~ 11	70.0
~ 13	92.6
~ 15	67.6
~ 17	73.8
~ 19	12.9
~ 21	103.9
~ 23	61.0
~ 1	18.2
~ 3	88.8
~ 5	
~ 7	
~ 9	62.7



第3図 採糞用水槽



第4図 脱糞量の日変化

$$r = 15 \cdot P \cdot Q$$

$$r (\text{mg/day}) = 7.5 \cdot P W^{2/3}$$

となる。

2 プランクトンの種類と消化率

ハクレンの摂餌量は以上のようにプランクトンの濃度に比例するようであるが、成長を支配するもう一つの要因としてはプランクトンの種類がある。この点を検討する目的で *Microcystis*, *Scenedesmus*, *Chaetoceros*, 動物プランクトンとして *Moina* の消化率を測定した。結果は第4表のとうりである。

Moina が最も消化率が高く 85

第4表 ハクレンの消化率

%であるのに対し、植物プランク

トンでは、やゝ消化率が劣るよう

で珪藻の *Chaetoceros* では

54%, 緑藻の *Scenedesmus*

では46%, 藍藻の *Microcys-*

tis では33%で最低であった。

プランクトン種類		消化率 (%)
藍藻	<i>Microcystis</i> sp.	32.6
緑藻	<i>Scenedesmus</i> sp.	45.7
珪藻	<i>Chaetoceros</i> sp.	54.4
動物	<i>Moina macrocopa</i>	85.4

3 成長

ハクレンを綱生簀に收容して湖沼や溜池に放置した場合、生簀内外の水は魚自身の運動によって混合され、綱生簀相互の干渉やその他の物による交流の障害がなく、放養量が或る限界を越えなければ、生簀内外の差は殆んど認められない³⁾。したがって、生簀内と生簀外のハクレンの成長は殆んど変わらないことになる。この点に注目し 6.25~25m²の綱生簀に10~50Kgのハクレンを收容し一定期間後に取りあげて平均体重を求めた(第5表)。魚類の成長速度は水温や魚の大きさによって異り、さらに植物プランクトンの質や量も長期におよぶ場合には成長速度に影響を与えるから、実験値の整理が困難となると思われるので比較的短期間の放養に止めたが、いく例かは長期飼育も含まれている。また透明度の低い値として大阪府水産試験場による溜池での2実験例⁴⁾を引用した。また、霞ヶ浦同様にアオコの発生が著しい諏訪湖での飼育例⁷⁾も引用してある。

魚の成長は、コイの場合 25~30℃では

$$dW/dt = KW^{3/5}$$

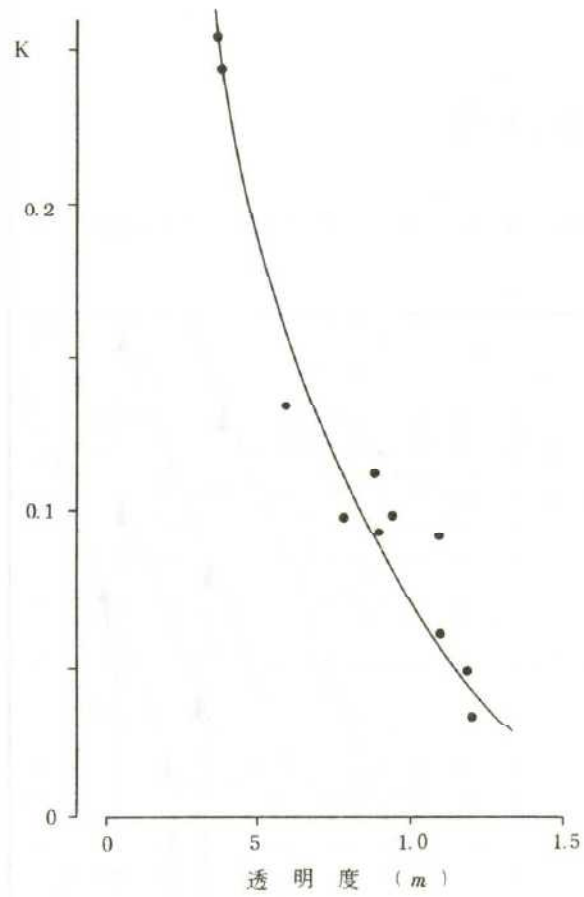
第5表 透明度とハクレンの成長

場所	放養年月日	飼育日数	平均透明度	放養時の体重	取揚時の体重	K
霞 ヶ 浦	4 2 ・ 5 ・ 2 5	16	1.1 ^m	6.0 ^g	9.0 ^g	0.0578
	4 3 ・ 9 ・ 1 3	30	0.6	100	175	0.132
	4 4 ・ 7 ・ 1 4	23	1.2	250	270	0.0312
	4 5 ・ 6 ・ 4	40	0.9	26.9	61.7	0.0919
	4 5 ・ 6 ・ 4	40	0.9	145.2	250	0.1111
	4 5 ・ 6 ・ 2 7	17	0.95	201	250	0.0985
	4 5 ・ 9 ・ 1 3	11	0.80	5.0	8.2	0.0955
	5 0 ・ 4 ・ 1 1	211	1.2	8.9	98	0.0456
溜 池	6 ・ 4	165	1.1	76.9	482.1	0.0932
	6 ・ 4	165	1.1	33.3	167	0.0559
諏 訪 湖	3 8 ・ 5 ・ 2 4	126	0.38	6.8	84.15	0.251
	3 9 ・ 8 ・ 1	55	0.40	0.13	80.6	0.242
	4 6	137		18.5	144	0.074
	4 7	134		144	430	0.0748
	4 8	123		384	553	0.0345
	4 9	126		463	1,474	0.136

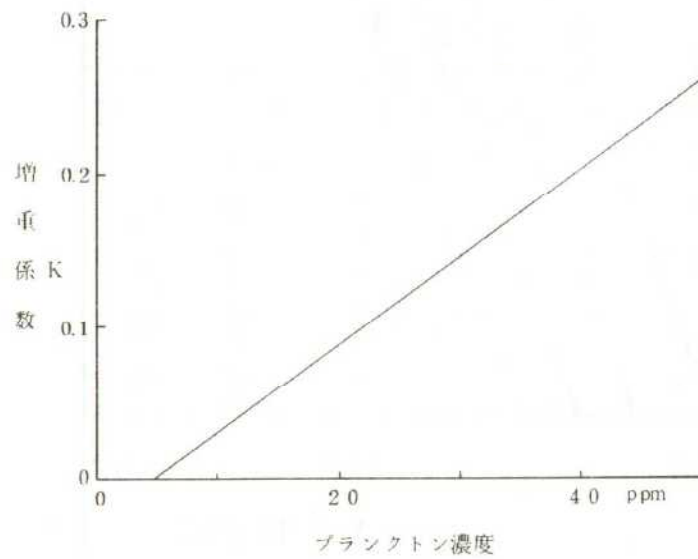
で与えられる。又 Kは

$$K = \frac{5/2 (W_t^{2/5} - W_0^{2/5})}{\Delta t}$$

によって与えられる。⁶⁾ただし、 Δt は飼育日数、 W_0 、 W_t は各々始めと終りの体重である。この方法で整理したKを第5表右欄に記入しておいたが、このKと透明度の関係を図示すると第5図が得られる。Kは透明度と密接な関係があつて透明度が、低下するとハクレンの成長が急激に増大することがわかる。また透明度が上昇して1.6 mぐらいになるとKは0となり増重が無くなることをわかる。すなわち、1.6 mでは体重を維持するのに必要な量だけしか摂取できないことを意味している。ここで透明度はSSに關係する概念であるから、 $SS = 100e^{-1.77 \text{ tr.}}$ から⁷⁾SSとKの關係を作図したものが第6図である。日間増重量 dW/dt を、これにもとづいて求めると、



第 5 図 透明度と成長との関係



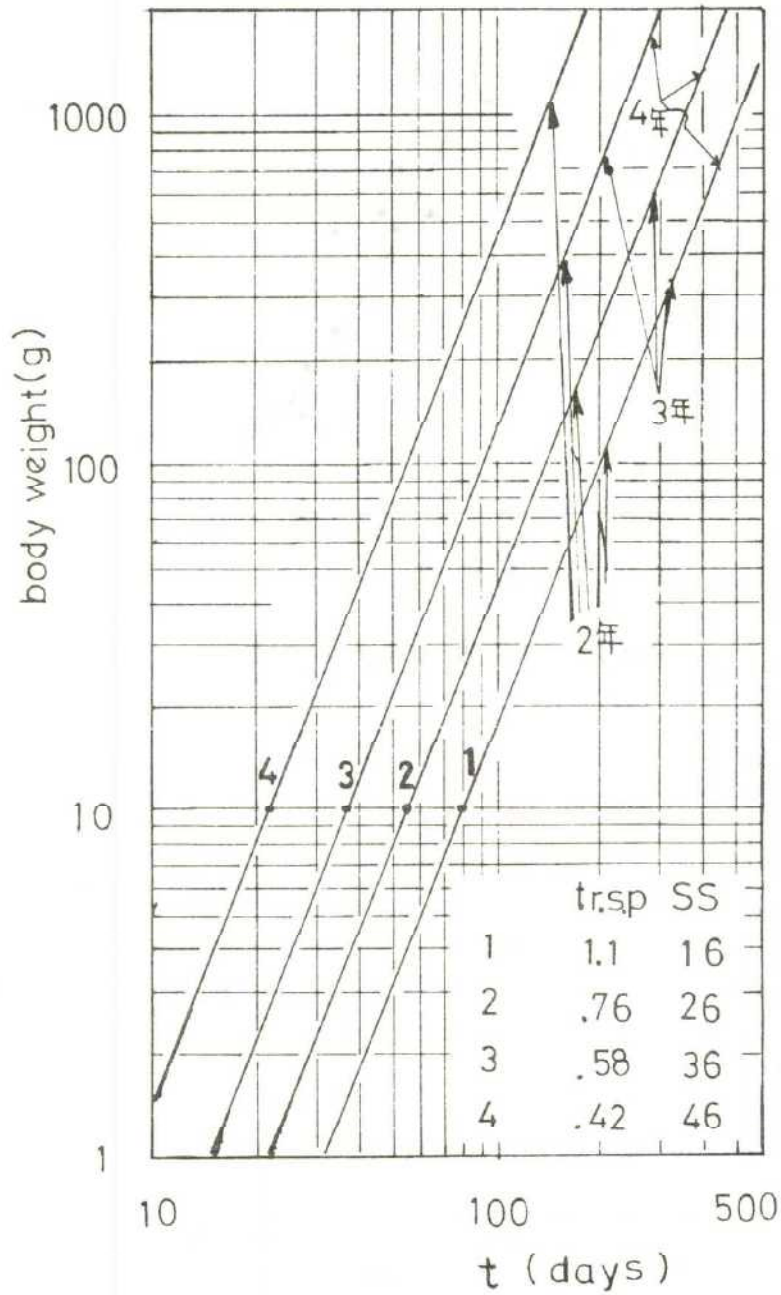
第 6 図 S S と増重の関係

$$\frac{dW}{dt} = 0.0058 (P - 6) \cdot W^{\frac{3}{5}}$$

成長は、

$$W = \left(\frac{2}{5} \cdot K \cdot t \right)^{\frac{5}{2}}$$

となる。ただし K は $0.0058 (P - 6)$ 、 P はプランクトン濃度である。ここで、 $P = 16$ 、



第7図 10gから出発した場合のハクレンの成長

26, 36, 46について成長曲線を求め図示したものが、第7図である。湖沼における成長を論ずる場合、水温の変化を考慮しなければならないが、ここでは簡単に6~9月までの120日を成長可能な期間と見なし、成長を第7図から求めて第6表に示した。霞ヶ浦では透明度が0.6~1.2mが多く、10gの種苗を使えば、

2年目に120~160g, 3年目に360~620g, 4年目に約1kgに達するようである。諏訪湖での成長もこの値に近いようで2年目で144g, 3年目に430g, 4年目には1.5kgに成長するようである。又荒坂池のような溜池で透明度が

第6表 透明度と成長の関係

SS	透明度	年			
		1	2	3	4
16	1.1	10	120	360	700
26	0.76	10	160	620	1,400
36	0.58	10	380	760	1,700
46	0.42	10	1,100	—	—

40cmぐらいなれば2年目には1kgに達するようである。霞ヶ浦で透明度が0.4mにまで低下した昭和43年にはKが0.132で非常に速い成長を示した。昭和48年には透明度が0.2mにまで低下したが、この時の成長は非常に遅くて7・8月には殆んど成長がみられなかった。これまで述べたように透明度からおおよそのハクレンの成長を予測し計画的な生産が可能であるように思われる。しかし、48年のような例外的な場合もあり、その原因については、今後検討していかなくてはならない。

5 転換効率について

ハクレンは植物プランクトン食性魚であるために摂餌量や転換効率の測定には困難が付きまとい、得られた結果の精度について検討の余地が残されている。このような考えから、ここでアオコの転換効率について検討してみる。

転換効率(Cr)は、増重量/摂餌量である。増重(dW/dt)および摂餌量(r)は先に求めた通りであるから

$$Cr = \frac{0.00581 (P-6) W^{3/5}}{7.5 \times 10^{-3} \cdot P \cdot W^{2/3}} \quad \div \quad \frac{0.77}{W^{0.07}}$$

となる。一方、コイにイトミミズを与えた場合には、 $Cr = 0.33 / W^{0.07}$ であった。この場合には湿重量であったから水分を80%とすると、 $1.65 / W^{0.07}$ となる。ハクレンの場合はこの値の0.47に相当する訳である。一方消化率はイトミミズや魚粉を中心とした配合飼料では90~95%であるのに対し、藍藻類では33%であったから、消化率の比ではコイに対しハクレンは0.35となっている。消化吸收後の代謝も転換効率に関係することは当然であるがこの数字から考える限りでは藍藻類をハクレンが摂取した場合の転換効率がやゝ高いように思われる。したがって摂餌量が実際にはやゝ高いのか、透明度と成長の関係が第6図の結果よりもやゝ劣るのかのどちらかであろうが、実験の内容から考えておそらく前者であろう。この点については今後さらに検討しなければならない。

文 献

- 1) 赤野 誠之外: 本誌No 1 2, 2 5 ~ 4 8 (1 9 7 5)
- 2) 津田 勉外: 本誌No 1 1, 3 5 ~ 4 3 (1 9 7 3).
- 3) 浜田 篤信外: 本誌No 1 0, 6 1 ~ 6 6 (1 9 6 9).
- 4) 大阪府寝屋川養魚場: 溜池における有機施肥養魚 第2報.
- 5) 長野県水産指導所諏訪支所: 諏訪湖におけるレンキョの網生簀飼育試験, 第15回湖沼河川養殖研究会 人工湖利用部会資料 (1 9 7 4).
- 6) 浜田 篤信外: 日水誌 vol. 4 1(2), 1 4 7 - 1 5 5 (1 9 7 5).
- 7) 浜田 篤信外: 本誌No 1 3 (1 9 7 6).
- 8) 霞ヶ浦北浦漁業対策調査, 漁業振興開発調査報告書
昭和45年3月, 茨城県内水試