

ミズウミチヨウザメ (*Acipenser fulvescens*) の中間育成 における生物餌料から人工飼料への転換について

井塚 隆・原 日出夫・勝呂 尚之

Conversion of natural diets into artificial feed on early life stages of the lake sturgeon, *Acipenser fulvescens*.

Takashi IZUKA*, Hideo HARA* and Naoyuki SUGURO*

ABSTRACT

A series of feeding experiments were conducted to convert the diets from natural diets to artificial feed in 6 month-old lake sturgeon, *Acipenser fulvescens*, raised with wild live organisms at an extensive hatchery pond in the United States. Frozen bloodworms and frozen water fleas out of 4 types of feed examined, namely frozen bloodworm, frozen water flea, frozen mysid and formula feed for trout, were well consumed with high growth and survival rates. On the other hand, formula feed and frozen mysids were little consumed by the fish with high mortality. This suggests a possibility of the effect of imprinting on the fish to the live organisms they fed during the early stage of exogenous feeding.

Although attempts to wean the 18 month-old lake sturgeon off a natural feed were successful by providing paste formula feed made of bloodworm, mysid and trout dry diet, the growth fluctuated very widely. During a rearing period with artificial feed, the fish which could not accept the artificial feed were all died (19.8%) and the survival fish could be raised with only trout dry pellet with a steady growth.

はしがき

ミズウミチヨウザメ *Acipenser fulvescens* (Fig.1) は北米大陸の五大湖、ミシシッピ川、ハドソン湾周辺の淡水域に広く分布している (e.g. Ferguson・Duckworth 1997¹⁾: Thuemler 1997²⁾)。底生性の肉食魚で、節足動物や環形動物、軟体動物、魚卵などを主な餌料生物としており (Probst・Cooper, 1955³⁾: Buddington 1985⁴⁾: Robinson・Buchanan, 1988⁵⁾: Kempinger, 1996⁶⁾)、最大で全長 244cm、体重 136kg に成長する (Robinson・Buchanan, 1988⁵⁾)。雄は 15 年、雌は 24 年以上で成熟し (Probst・Cooper, 1955³⁾: Folz and Meyers, 1985⁷⁾)、産卵は河川を遡上して早瀬や川岸近くの浅場でおこなう (anonymous, 1983⁸⁾: Ferguson・Duckworth 1997¹⁾)。19 世紀後半からの乱獲に加え、水質汚染、河川構築物の建設による産卵遡上の妨げや産卵場の消失などから、近年その資源量が減少しており (Holzkamm, 1988⁹⁾: Ferguson・Duckworth 1997¹⁾: Thuemler 1997²⁾)、国際自然保護連合の 1996 年度版レッドデータブックでは危急種に指定されている (Birstein et al., 1997¹⁰⁾)。

このため、米国では、オンタリオ州などを除き多くの

分布水域で商業捕獲が禁止されており (Ferguson・Duckworth 1997¹⁾: Beamesderfer, 1997¹¹⁾)、ウィスコンシン州のように遊漁についてもサイズや尾数制限などを取り決めたライセンス制度を導入する試みもなされている (Folz and Meyers, 1985⁷⁾: Thuemler 1997²⁾)。また、mt-DNA 分析などの遺伝学的手法を用いた集団構造の解明 (e.g. Ferguson・Duckworth 1997¹⁾: Wirgin et al., 1997¹²⁾)、標識放流や年齢査定による成長様式の解明 (Folz and Meyers, 1985⁷⁾: Threader, 1986¹³⁾) など、資源の保護・増大に関する基礎的研究がおこなわれている。

人工飼育下におけるチヨウザメ類の初期餌料に関する研究は、北米大陸西海岸域に生息し、漁業対象種であるシロチヨウザメ *A. transmontanus* (e.g. Buddington・Doroshov, 1984¹⁴⁾: Stuart・Hung, 1989¹⁵⁾: Hung et al., 1993¹⁶⁾) と養殖用の交配種であるベストル (Bester) (e.g. 稲野他, 1993¹⁷⁾: 宮崎県水産試験場, 1999¹⁸⁾) については比較的におこなわれているが、ミズウミチヨウザメでは断片的な報告しか見られない (D.G.Czeskleba et al., 1985¹⁹⁾)。

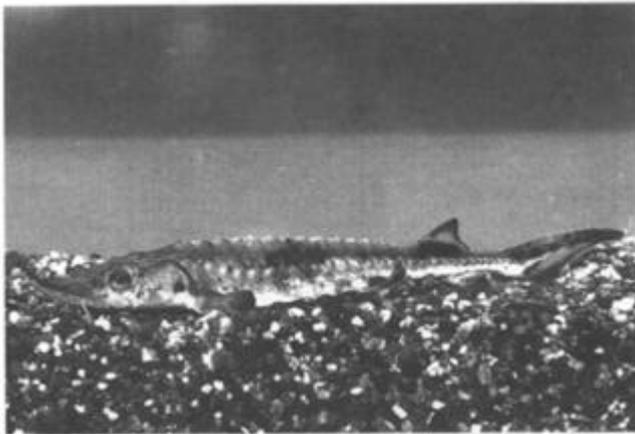


Fig.1 Lake Sturgeon, *Acipenser fulvescens*.
TL = 250mm

図1 ミズウミチョウザメ、全長 250mm。

神奈川県では1998年に中津川の上流部に宮ヶ瀬ダムが完成したことに伴い、県下最大の人造湖となる宮ヶ瀬湖(湛水面積4.6km²、総貯水容量193万m³)が出現した。宮ヶ瀬ダムは治水・利水・発電という従来の多目的ダムとしての役割だけでなく、ビオトープの整備・活用などにより、環境教育の場としても大いに期待されている。(財)宮ヶ瀬ダム周辺振興財団では今後、地域振興や環境学習事業を展開するためのシンボルフィッシュとして、湖畔に造られた親水池へミズウミチョウザメの放流を計画している(宮ヶ瀬ダム周辺振興財団, 1996²⁰)。しかしながら、本種の日本国内における研究事例は報告されていないことから、同財団の依頼を受けた内水面試験場では、1997年度より生態の解明や飼育技術の開発に関する研究をおこなっている。

本研究では、まず本種稚魚の適切な飼育餌料を明らかにするため、数種類の餌料を用いた比較試験をおこなった。さらに、給餌に係わる飼育管理を容易にするため、生物餌料から配合飼料への転換を試み、それに伴う成長や生残を検討した。

なお、報告に先立ち、実験魚の飼育管理やデータ収集に御協力いただいた神奈川県水産総合研究所内水面試験場の職員皆様、ならびに日本大学生物自然学部生物自然学科の山本亜紀子氏に謝意を表す。

材料および方法

本研究では、米国ミネソタ州ミネアポリスにおいて溜池で粗放的に生産されたミズウミチョウザメの稚魚を、1997年7月17日に日本に輸入し、各試験に供した。

餌料別飼育試験

輸入後5日間、当場の2tパンライト円形水槽で飼育したミズウミチョウザメの稚魚100尾(平均全長62mm、平均体重0.7g)を、水深30cm、注水量1200(ml/min)に調整した0.5t円形FRP水槽に25尾ずつ収容して4試験区を設定した(Table 1)。各試験区にはそれぞれ冷凍アカムシ(株キョーリン製)(以下、冷凍アカムシ区という)、冷凍ミジンコ(野外池にて採集)(冷凍ミジンコ区)、冷凍アミ(株大木水産製)(冷凍アミ区)、粒径700μの配合飼料(初期飼料協和-B700:株協和発酵製)(配合飼料区)を毎日3~5回、飽食量を与えた。ただし、冷凍アミは稚魚が食べることでできるサイズに細かく刻んだ。試験は1997年7月22日から50日間おこない、この間毎日へい死状況と摂餌状況を観察し、9時と14時に水温を測定した。それぞれの水槽について10日毎に全数を取り上げて全長と体重を測定した。

配合飼料による中間飼育試験

1997年7月から冷凍ミジンコ、冷凍アカムシ、冷凍アミを与えて飼育していた388尾(平均全長245mm、平均体重55.6g)を用いて、生物餌料から配合飼料への転換の適否を検討した。1998年6月から、それまで給餌していた前述3種の生物餌料に加えてマス用配合飼料(株大洋飼料製)を与え始めた。給餌は基本的に土日を除く1日2回(9時と15時)の飽食量とした。その後、

Table 1 Growth and survival rate of the lake sturgeon juveniles in feeding experiment with different diets.

表1 ミズウミチョウザメ稚魚の餌料別の成長と生残率

Diet	Days of rearing	Survival rate(%)	Mean total length (mm)		Mean body weight(g)		Daily growth in BW(%)*5
			initial	final	initial	final	
bloodworm*1	50	60	62.3	105.2	0.70	4.49	7.58
water flea*2	50	48	62.3	88.3	0.70	2.71	4.02
mysid*3	10	36	62.3	60.6	0.67	0.66	-0.10
fry feed*4	10	16	62.3	61.8	0.70	0.63	-0.70

*1 frozen Chironomidae sp.

*2 frozen Daphnia sp.

*3 frozen Mysidacea sp.

*4 formulated diet for larval fish (Fry Feed Kyowa-B700)

*5 Daily growth =(finalBW-initialBW)/days of rearing ×100

1999年6月まで、毎月一回全ての飼育魚を取り上げ、Birstein et al.(1997)¹⁰⁾に従って全長、体長、体重、体幅(第3と第4腹側鱗の間)の計測をおこなった。また、これらの計測値をもとに、全長と体重の変動係数(Coefficient of Variation = 標準偏差/平均×100)を算出し、餌料転換に伴う成長のばらつきの月別変動を記録した。なお、試験期間中、飼育魚は移収作業に伴い、24t 角形コンクリート水槽と12.5t 円形キャンバス水槽との間を2回移動した。

結 果

餌料別飼育試験

各試験区の平均全長、平均体重、生残率の推移を Fig.2 に、また、それぞれの開始時と終了時の値等を Table 1 に示した。試験期間中の水温は18.1~20.9 を推移した(Fig.2)。

冷凍アカムシ区では活発な摂餌が見られ、50日後には平均全長105.2mm、平均体重4.49gと4区中で最も大きく成長した。日間増重率は7.58%を示した。20日目までは連続的なへい死が生じたが、それ以降は認められず、生残率は60%と最も高かった。試験期間中の総給餌量は450.5gであった。

冷凍ミジンコ区でも比較的活発な摂餌が認められ、終了時には全長88.3mm、体重2.71gに成長し、生残率は48%、日間増重率は4.02%で、それぞれ冷凍アカムシ区に次いで高い値を示した。総給餌量は412.5gであった。

冷凍アミ区と配合飼料区は摂餌行動が不活発であった。飼育開始10日目には生残率がそれぞれ36%、16%に低下し、全長と体重も減少したため、試験を中止した。試験期間中の総給餌量は冷凍アミが30g、配合飼料が3.7gであった。

配合飼料による中間飼育試験

試験期間中の餌料系列と、各月の体重・体長組成の変動係数およびへい死魚数の推移を Fig.3 に示した。冷凍アカムシ、冷凍アミ、マス稚魚用クランブル(0.5~1.5mm)をそれぞれ同時に給餌した場合、生物餌料のみを好んで摂餌した。そこで、冷凍アミ・冷凍アカムシの生物餌料と、マス稚魚用粉末飼料(0.3~0.5mm)を重量比約1:4で混合した練り餌を作り、細粒状にして投与したところ、摂餌が認められたため、平成10年6月4日からこの練り餌を与え始めた。その後、摂餌状況を見ながら練り餌の粉末飼料比を徐々に高めていくとともに、マス用クランブル(1.0~1.5mm)を同時に給餌していった結果、9月頃からはマス用クランブルのみの給餌による飼育が可能となった。しかしながら、練り餌と配合飼料を与え始めた頃から、全長と体重の変動係数が上昇しており、餌料転換に伴う成長のばらつきが大きくなった。また、8月からへい死魚が見られるようになり、10月が最も多く28尾であった。これらのへい死魚はいずれも比較的体長が小さく、痩せていた(Table 2)。試験期間中のへい死率は19.8%(77尾)であった。一方、9

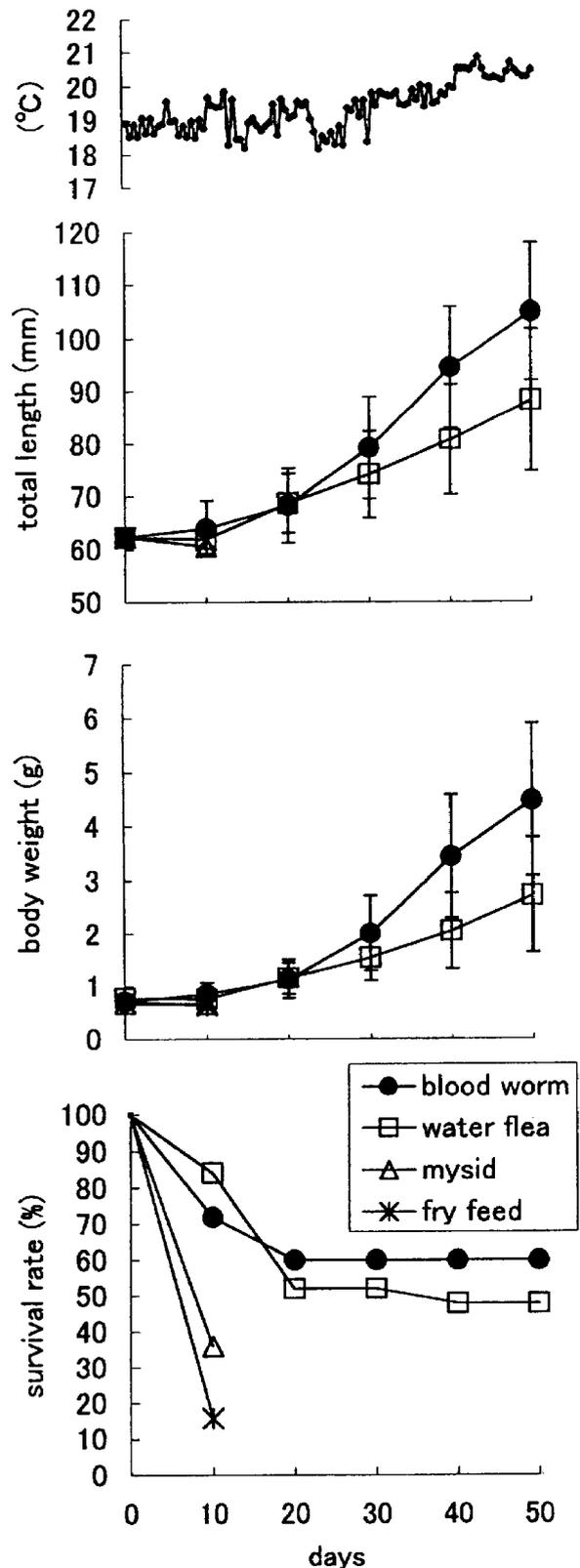


Fig.2 Daily changes in total length, body weight and survival rate of 0 years old lake sturgeon fed different diets. Vertical bars show the S.D. Data of water temperature are means of each tank.

図2 ミズウミチョウザメ稚魚の餌料別の成長・生残と水温変動

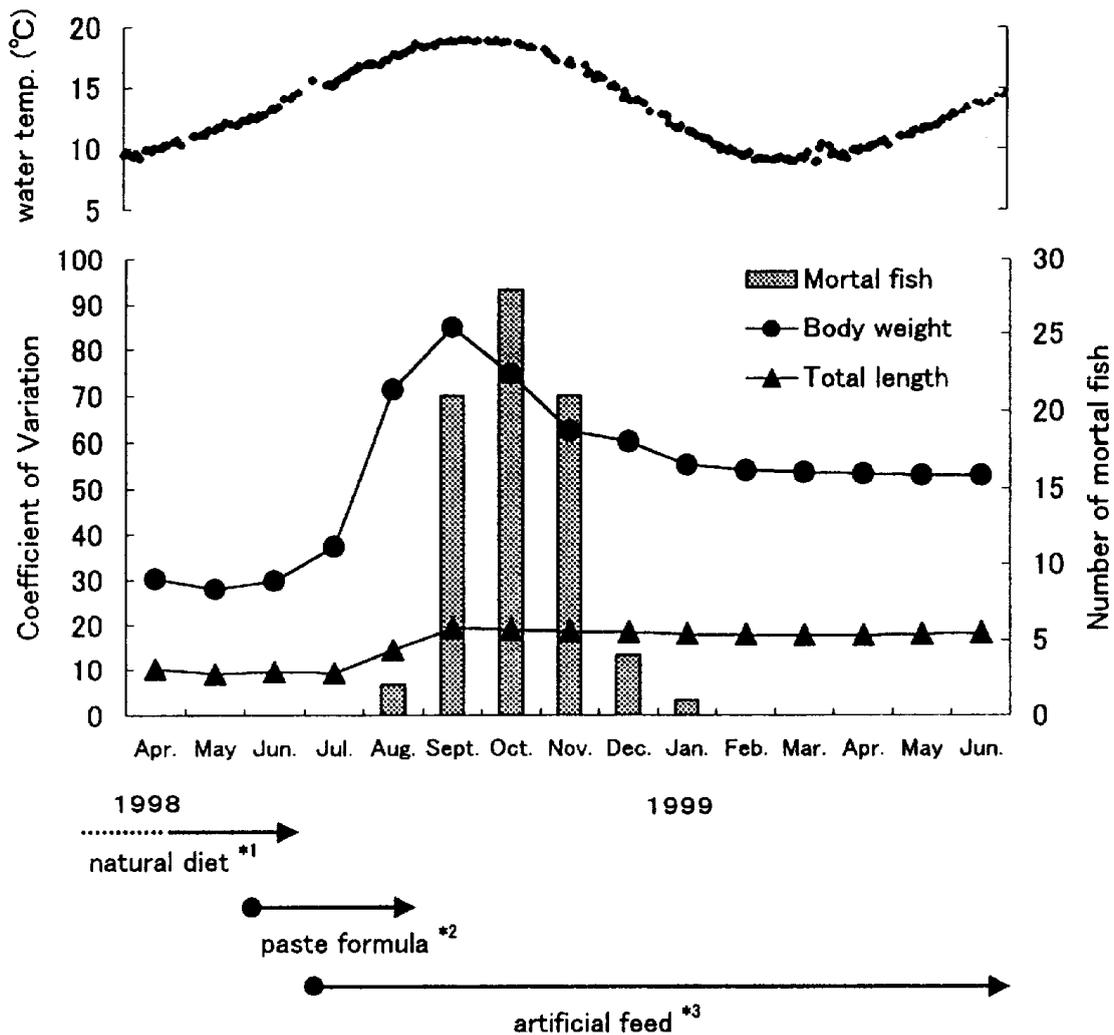


Fig.3 Transition of growth variability and number of mortal fishes under conversion from natural diet to artificial feed in rearing tanks. (April, 1998 - June, 1999).

* 1 frozen blood worm, water flea and mysid.

* 2 paste of blood worm, mysid and salmonid starter diet.

* 3 salmonid dry feed.

図3 餌料転換に伴う体重・体長組成の変動係数とへい死魚数の推移、および水温の変動(平成10年4月~11年6月)。

月以降は、体重の変動係数は顕著に、体長の変動係数は緩やかに減少した。1999年2月以降は、へい死魚が認められず、全長と体重の変動係数はほぼ横這いに推移した。

考 察

一般的に、チョウザメ類では摂餌開始初期に生き餌をあたえると「すり込み現象」が引き起こされ、その後、人工飼料への転換は困難で、高いへい死率を招くことが知られている(Buddington・Doroshov, 1984¹⁴⁾: Buddington・Christofferson, 1985²¹⁾: Doroshov・Binkowski, 1985²²⁾)。また、生き餌を与えて飼育したシロチョウザメでは、生き餌の抽出液にはよく反応するが、人工飼料の抽出液にはほとんど反応しないことが明らかにされている(Buddington・Christofferson, 1985²¹⁾)。ミズウミチョウザメは自然水域では主にカゲロウ目、ユ

スリカ科や双翅類の幼虫、枝角類、橈脚類、斧足類、ヒル類などを餌料生物としている(Probst・Cooper, 1955³⁾: Buddington 1985⁴⁾: Robinson・Buchanan, 1988⁵⁾: Kempinger, 1996⁶⁾)。本研究で使用した稚魚は米国ミネソタ州において溜池を利用して疎放的に生産していたもので、輸入時には孵化後6ヶ月と推定されたことから、それまでの期間は溜池に自然発生するこれらの生餌を食べていたものと思われる。このため、配合飼料区が餌食いが非常に不活発で、成長・生残ともに低かったことは、ミズウミチョウザメの「すり込み現象」によるものと考えられる。

一方、冷凍アカムシ区、冷凍ミジンコ区では他区よりも良い成長と生残が得られ、生き餌でなくても飼育が可能であることが示された。しかしながら、Buddington・Doroshov (1984)¹⁴⁾によると、シロチョウザメ仔稚魚を

Table 2 Growth of the lake sturgeon in rearing tanks from April, 1998 to June, 1999. Data are means and standard. Data of mortal fishes in parentheses.

表2 ミズウミチヨウザメの成長(1998年4月~1999年2月)。括弧内は死魚データ

	Apr., 1998	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
Total length (mm)	245±25	253±23	266±26	273±25	278±40	293±57	315±60	349±65
					(221±42)	(256±22)	(253±23)	(251±30.4)
Body weight (g)	55.6±16.9	61.9±17.4	69.6±20.8	70.2±26.2	85.4±60.9	116.2±98.7	144.2±107.8	194.9±121.7
					(29.0±12.1)	(42.1±11.2)	(41.5±9.7)	(42.3±12.7)
Condition factor	7.5±0.5	7.2±0.7	7.0±0.6	6.5±0.6	6.6±1.2	7.1±1.5	7.2±1.3	7.3±1.0
					(5.2±0.8)	(4.8±0.4)	(4.9±0.3)	(5.2±0.7)
Body width (mm)	-	-	-	-	-	29.6±11.3	31.9±10.4	33.9±9.4
						(15.5±2.2)	(14.8±2.0)	(17.8±2.0)

	Dec.	Jan., 1999	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.
Total length (mm)	367±68	380±68	387±69	392±70	399±71	408±73	422±77
	(240±24)	(259)					
Body weight (g)	233.0±140.3	271.6±150.0	287.2±155.1	304.4±163.1	326.8±173.8	347.5±183.6	388.9±206.0
	(37.5±9.9)	(49.2)					
Condition factor	7.5±1.0	8.0±1.0	8.0±0.9	8.1±1.2	8.2±1.1	8.0±1.0	8.0±1.1
	(5.7±0.3)	(5.2)					
Body width (mm)	36.1±10.2	40.0±10.1	40.0±9.4	41.1±10.0	42.4±10.2	43.1±10.8	45.0±12.1
	(16.7±2.5)	(19.4)					

生きたイトミミズで50日間飼育した場合の生残率は96%であるのに対し、本研究の生残率は冷凍アカムシ区で60%、冷凍ミジンコ区で48%と比較的低かった。これは、チヨウザメ科の稚魚は生きたブラインシュリンプとイトミミズには強い嗜好性を示すが、死んだものには反応が減少することが知られているように(Buddington・Christofferson, 1985²¹⁾)、本研究では冷凍した生物餌料を与えたことによるものと考えられる。D.G.Czeskleba et al. (1985)¹⁹⁾はミズウミチヨウザメの餌としては生き餌が好ましく、冷凍したミジンコとブラインシュリンプは生残などから判断して、辛うじて用いることが出来る程度であると指摘している。しかしながら、冷凍生物餌料は入手・保存が比較的容易で飼育管理の効率化が期待できることから、今後、生き餌からの転換技術について更なる検討が必要であろう。

本研究では生物餌料へのすり込みが認められたにもかかわらず、1才魚において配合飼料への転換が可能であった。底性生物を捕食するチヨウザメ類では、索餌行動に視覚はほとんど用いられず、代わりに4本のヒゲと吻部腹側に多数存在する味蕾を利用して味覚や臭覚に頼るため、摂餌行動の誘因には餌の化学的刺激が重要であるとされている(Buddington・Christofferson, 1985²¹⁾)。また、シロチヨウザメの仔稚魚では摂餌開始時に水分量20~22%のセミモイストタイプの飼料を与えることで、高い成長率と生残率が得られることが知られており、人工飼料に餌付させるにはテクスチャーなどの物理的刺激

も重要な要因であるとされている(Buddington・Doroshov, 1984¹⁴⁾; Buddington・Christofferson, 1985²¹⁾)。本研究では生物餌料と配合飼料を混ぜた練り餌が、これらの化学的・物理的刺激を満たしていたことから摂餌するようになったと考えられ、その後の配合飼料への転換に繋がったものと思われる。

シロチヨウザメの稚魚では、イトミミズを与えた場合よりもサケ用の人工飼料を与えた方が成長のばらつきが大きくなることが報告されている(Buddington・Doroshov, 1984¹⁴⁾)。本研究でも、練り餌と配合飼料を与え始めた頃から成長のばらつきが認められた。これは、配合飼料に餌付いた個体は成長する一方、餌付かなかった個体は体重が減少し、全長が伸びなかったことによるものと考えられる(Table 3)。一方、配合飼料のみを与えるようになった10月以降にばらつきが減少し、2月以降は一定となったのは、主に痩せた個体がへい死したことに加え、どの個体も比較的均一に成長したことを示唆している。

シロチヨウザメやシベリアチヨウザメ *Acipenser baeri* では、稚魚期以降は生き餌よりも人工飼料を与える方が良い成長を示すことが知られている(Buddington・Doroshov, 1984¹⁴⁾; Buddington・Christofferson, 1985²¹⁾)。本研究ではミズウミチヨウザメで配合飼料に餌付させることが可能であることを示した。このことにより、飼育管理の効率化が図れるだけでなく、配合飼料で中間飼育することで、大型に成長させることが期待できる。今後は、稚魚期からの配合飼料への転換、練り餌を作る手順

の軽減、餌料転換に伴う成長のばらつきとへい死を抑えることが課題であろう。今回、配合餌料を冷凍生物餌料の溶解液に浸して柔らかくしたものを投与しても摂餌が認められており(井塚 per.obs.)、セミモイスト餌料の利用などと併せて、より簡単で有効な餌料転換技術を明らかにすることが望まれる。

引用文献

- 1) Ferguson, M.M. and G.A. Duckworth (1997) : The status and distribution of lake sturgeon, *Acipenser fulvescens*, in the Canadian provinces of Manitoba, Ontario and Quebec: a genetic perspective. pp.299-309. In : V.J. Berstein, J.R. Waldman and W.E. Bemis (ed.) Sturgeon Biodiversity and Conservation., Kluwer Academic Publisher.
- 2) Thuemler, T.F. (1997) : Lake sturgeon management in the Menominee River, a Wisconsin-Michigan boundary water. pp.311-317. In : V.J. Berstein, J.R. Waldman and W.E. Bemis (ed.) Sturgeon Biodiversity and Conservation., Kluwer Academic Publisher.
- 3) Probst, R.T. and E.L. Cooper (1955) : Age, growth, and production of the lake sturgeon (*Acipenser fluvescens*) in the Lake Winnebago region, Wisconsin. Trans. Amer. Fish. Soc., 84, 207-227.
- 4) Buddington, R.K. (1985) : Digestive secretions of lake sturgeon, *Acipenser fluvescens*, during early development. J. Fish Biol., 26, 715-723.
- 5) Robinson, H.W. and T.M. Buchanan (1988) : Fishes of Arkansas. pp.78-81. The University of Arkansas Press.
- 6) Kempinger, J.J. (1996) : Habitat, growth, and food of young lake sturgeons in the Lake Winnebago System, Wisconsin. North American Journal of Fisheries Management, 16, 102-114.
- 7) Folz, D.J. and L.S. Meyers (1985) : Management of the lake sturgeon, *Acipenser fulvescens*, population in the Lake Winnebago system, Wisconsin, pp.135-146. In : F. P. Binkowski and S. I. Doroshov (ed.) North American Sturgeons : Biology and Aquaculture Potential, Dr W.J. Junk Publishers, Dordrecht.
- 8) Anonymous (1983) : Artificial Spawning of Lake Sturgeon in Wisconsin. Prog. Fis-Cult. 45(4), 231-233.
- 9) Holzkamm, T. (1988) : Potential fishery of lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*) as indicated by the returns of the Hudson's Bay Company Lac La Pluie District. Can. J. Fish. Sci., 45, 921-923.
- 10) Birstein, V.J., W.E. Bemis and J.R. Waldman (1997) : The threatened status of acipenseriform species: a summary. pp.427-435. In : V.J. Berstein, J. R. Waldman and W. E. Bemis (ed.) Sturgeon Biodiversity and Conservation., Kluwer Academic Publisher.
- 11) Beamesderfer, R.C.P. and R.A. Farr (1997) : Alternatives for the population and restoration of sturgeons and their habitat. pp.407-417. In : V.J. Berstein, J.R. Waldman and W.E. Bemis (ed.) Sturgeon Biodiversity and Conservation., Kluwer Academic Publisher.
- 12) Wirgin, I.L., J. E. Stabile and J.R. Waldman (1997) : Molecular analysis in the conservation of sturgeons and paddlefish. pp. 385-398. In: V.J. Berstein, J.R. Waldman and W.E. Bemis (ed.) Sturgeon Biodiversity and Conservation., Kluwer Academic Publisher.
- 13) Threader, R.W. (1986) : Biology and management of the Lake Sturgeon in the Moose river, Ontario. North American Journal of Fisheries Management, 6, 383-390.
- 14) Buddington, R.K. and S. I. Doroshov (1984) : Feeding trials with hatchery produced white sturgeon juveniles (*Acipenser transmontanus*). Aquaculture, 36, 234-243.
- 15) Stuart, J.S. and S.S.O. Hung (1989) : Growth of juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) fed different proteins. Aquaculture, 76, 303-316.
- 16) Hung, S.S.O., P.B. Lutes, A.A. Shqueir and F.S. Conte (1993) : Effect of feeding rate and water temperature on growth of juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). Aquaculture, 115, 297-303.
- 17) 稲野俊直・鳥越正男・西田司 (1993) : チョウザメ (ベステル) の生態と飼育技術の開発, 宮城県水産試験場事業報告書, 220 - 227
- 18) 宮城県水産試験場養殖部小林分場 (1999) : 平成 11 年度外国産新魚種導入検討部会資料
- 19) Czeskleba, D.G., S. Avelallemant and T.F. Thuemler (1985) : Artificial spawning and rearing of lake sturgeon, *Acipenser fulvescens*, in Wild Rose State Fish Hatchery, Wisconsin, 1982-1983. pp.79-85. In : F.P. Binkowski and S.I. Doroshov (ed.) North American Sturgeons : Biology and Aquaculture Potential, Dr W.J. Junk Publishers Dordrecht.
- 20) 宮ヶ瀬ダム周辺振興財団 (1996) : 宮ヶ瀬湖の有効利用に関する検討委員会. 中間報告書. 146-147
- 21) Buddington, R.K. and J.P. Christofferson (1985) : Digestive and feeding characteristics of the chondrostean. pp. 31-41. In : F.P. Binkowski and S.I. Doroshov (ed.) North American Sturgeons : Biology and Aquaculture Potential, Dr W.J. Junk Publishers, Dordrecht.

-
- 22) Doroshov, S. I. and F. P. Binkowski (1985) :
Epilogue: a perspective on sturgeon culture. pp.
147-151. In: F. P. Binkowski and S. I. Doroshov (ed.)
North American Sturgeons : Biology and Aquaculture
Potential, Dr W. J. Junk Publishers, Dordrecht.