

北海道、瀬戸内海、九州各ヒラメ地域群の0+・1+年魚の高温および低温における成長率の比較

田畑和男*¹・足立伸次*²・山内皓平*²

Comparison of Growth Rate among 0+ and 1+ Year Hiramé *Paralichthys olivaceus* of Hokkaido, Seto-inland Sea and Kyushu Region Group in High- and Low-water temperatures

Kazuo TABATA*¹, Shinji ADACHI*², and Kohei YAMAUCHI*²

ヒラメにかぎらず育種をすすめるためには、まず対象種の形質の把握が必要である。魚類における育種は一部の淡水魚を除けば歴史が浅く、特に海産魚についてはほとんど手がつけられていない状況である。筆者らはヒラメの育種を前提にして、本種の形質把握のために日本国内の3カ所の地域の天然魚からいくつかの飼育個体群を作出し、それらの生理的、生態的および形態的諸形質についての比較検討をおこなっている。¹⁻⁴⁾日本列島の南北に広く分布しているヒラメの分布状態から推測して生態的形質のうち水温に対する適性は異なる可能性があると考え、高水温および低水温におけるヒラメ地域群の成長性を比較することを試みた。

水温に対する耐性を比較する実験は致死的な水温範囲に生物を短時間おき、その生存個体を対象にして選抜がおこなわれるばあいもあるが、成長性を比較するためには致死にいたらない水温範囲において、ある程度長期の飼育をおこなったうえで比較するほうが実際的であると考えられる。また、年齢によっても特性が異なる可能性も考えられるので、今回は各地域の飼育個体群の0+および1+年魚について、それぞれ1~2カ月間高温または低温化における飼育をおこない、温度に対する成長性を比較した。以下にその結果の詳細を報告する。

材料と方法

日本の3地域(北海道小樽市の日本海(以下北海道群)、兵庫県明石市の瀬戸内海(以下瀬戸内海群)、および熊本県牛深市の天草灘(以下九州群))で漁獲された天然ヒラメから5交配群(上記地域群内のそれぞれ1、2および2交配群)を作出した(第1表)。それらのふ化年月日は北海道群が1990年5月24日、瀬戸内海群が1990年4月21日、および九州群が1990年2月11日と2月28日である。それぞれの交配群からの抽出個体群(当初60個体/1交配群)の腹腔内にピットタグ(Identification Devices, Inc. 製)を挿入し個体識別したのち、高温区および対照区、もしくは低温区および対照区にそれぞれ半数ずつ円形2kl水槽に放養し、冷凍イカナゴを餌として流水で飼育した。対照区は試験区より3~4℃低いかもしくは高く、試験区より最適と考えられる水温とした。高温試験における高温区の水温は28-29℃に、その対照区は24-25℃に設定した。低温試験における低温区は0+年魚においては8℃とし対照区を11℃としたが、8℃では各個体ともほとんど摂餌せず成長差が生じないことが飼育試験の結果わかったので、1+年魚における低温試験は低温区を11℃とし、その対照区は14℃とした。

試験開始日と終了日に体重の測定をおこない、日間増重率を次式によって算出した。

$$\text{日間増重率} = \ln(BW_n / BW_0) / n$$

ただし、 BW_n は飼育n日後の体重、 BW_0 は飼育開始日の体重、 n は飼育日数。

*1 兵庫県立水産試験場 (Hyogo Prefectural Fisheries Experimental Station, Minami-Futami, Akashi 674)

*2 北海道大学水産学部 (Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato-cho, Hakodate 040)

0+年魚高温飼育は1990年8月20日から10月8日まで実施した。なお、この試験のみ中間の9月13日も体重の測定をおこない、前半をI期、後半をII期とした。0+年魚低温飼育は1991年1月9日から3月4日まで、1+年魚高温飼育試験は1991年8月6日から9月9日まで、さらに、1+年魚低温飼育を1992年1月7日から2月7日までそれぞれ実施した。高温または低温を経験した個体をそれぞれ低温または高温も経験させる目的で半数ずつを試験区とその対照区に区分し、試験期間ごとに編成替えをおこなった。

試験区(高温区もしくは低温区)と対照区の平均日間増重率の差の検定はt検定によりおこなった。

結果

0+年魚高温飼育試験 I期における結果とII期における結果を第1表に示した。同一区内における日間増重率の平均値の比較をt検定によりおこなったのが第2表である。この表の中で高温区(28℃)と対照区(24℃)との間に差がないばあいは高温域においてもよく成長していることを意味しており、逆に差があるばあいは高温における成長性が低いことを意味する。I期においては九州-2区と瀬戸内海-1区において高温成長性がみいだされた。しかし、II期においてはいずれの区においても対照区との差があり高温成長性はみいだされなかった。

0+年魚低温飼育試験 飼育結果を第3表に、平均日間増重率の比較結果を第4表に示した。

低温区(8℃)は各区ともマイナスの成長率を示した。九州の2つの区では低温区(8℃)と対照区(11℃)との間に有意差はなかった。一方、瀬戸内海、北海道では差は有意であった。このことは、九州区では11℃においても成長性は低い、瀬戸内海および北海道区では11℃においてはある程度の成長がみられたということの意味している。第4表の2には、各区間の11℃における平均日間増重率の差の検定結果を示した。九州区と瀬戸内海・北海道区との間には有意差がみられたが、瀬戸内海区と北海道区との間、および九州、瀬戸内海の区間には有意差がなかった。このように九州区の低成長性が推定さ

れた。

1+年魚高温飼育結果 飼育結果を第5表に示した。また、平均日間増重率の比較結果を第6表に示した。各区とも対照区(25℃)との間には有意差がみられた。いずれも高温区(29℃)の成長度は25℃に比べて明らかに劣った。しかし、高温区間の比較では九州の2つの区と北海道区との間、および九州の1つの区と瀬戸内海の1つの区との間には有意差がみられた。このことは九州区の高温における成長性が概して良いことを示唆している。

1+年魚低温飼育結果 対照区は14℃とし、低温区を11℃とした。飼育結果を第7表に示した。また、平均日間増重率の比較結果を第8表に示した。低温区(11℃)と対照区(14℃)との間には九州区のみで有意差がみられたが、他地域では差は認められなかった。つまり九州区では11℃区における成長度は14℃における場合よりも低く、低温における成長性は認められなかった。これは0+年魚の低温試験結果とも一致する。瀬戸内海、北海道区には有意差はなかったが、これらの対照区(14℃)の成長がなんらかの原因によって極端に低くなったため、両区の低成長性がよいという結論にはならない。11℃における区間の比較も各区間に差がなく、各区とも低成長率であったことを示している。

個体ごとの成長結果について 第9表には一例として九州-1区の高温を経験した個体の日間増重率の順位の推移を示した。0+年魚、1+年魚において必ずしも同じ結果を修めてはいないが、これは各個体の健康状態や雌雄の違いによっても影響を受けるものと思われる。しかし、安定して増重率が高かった個体もみられたことは注目される。

第1表 0+年魚高温試験における各区の飼育結果

区	平均水温		I期(期首)			I期(期末)			II期(期末)				
	I(°C)	II(°C)	個体数	TL(mm)	BW(g)	個体数	TL(mm)	BW(g)	GR*(×10 ⁻²)	個体数	TL(mm)	BW(g)	GR*(×10 ⁻²)
28°C													
九州-1	28.2	28.5	30	145.8	29.1	30	159.3	41.7	1.44	30	180.2	60.5	1.38
-2	"	"	30	153.8	37.8	29	177.0	61.7	1.96	29	204.3	97.0	1.68
瀬戸内海-1	28.4	28.4	30	100.3	9.2	26	125.5	20.4	1.26	26	152.7	41.0	1.88
-2	"	"	30	100.8	9.2	27	112.9	13.0	1.26	23	132.3	23.5	1.84
北海道-1	"	"	30	98.3	8.4	30	127.8	22.5	1.31	28	166.0	50.2	1.90
24°C													
九州-1	23.9	23.8	30	155.5	35.8	30	176.4	56.1	1.80	30	207.4	93.0	1.87
-2	"	"	30	154.1	36.0	30	179.3	60.4	2.07	30	213.7	105.0	2.05
瀬戸内海-1	23.8	23.7	30	100.0	9.0	29	130.6	23.4	1.43	27	170.4	55.7	1.90
-2	"	"	30	102.8	9.7	28	128.3	21.5	1.42	27	164.8	47.9	1.92
北海道-1	"	"	30	101.9	9.3	30	142.2	30.6	1.55	24	191.9	77.7	1.94

I期の期間：九州：1990.7.23-8.17

瀬戸内海、北海道：1990.8.20-9.13

II期の期間：九州：1990.8.17-9.13

瀬戸内海、北海道：1990.9.13-10.8

*GR:日間増重率

第2表 0+年魚高温試験における日間増重率の平均値の比較(t検定)

1. I期(同一区内の比較(28°C-24°C))

地域群	区	28°C		24°C		t値	
		平均 (×10 ⁻²)	個体数	平均 (×10 ⁻²)	個体数		
九州	九州-1	1.436	30	1.802	30	2.6927	**
	-2	1.937	29	2.046	30	0.8001	
瀬戸内海	瀬戸内海-1	3.061	26	3.686	29	1.4087	
	-2	1.302	27	3.069	28	4.7508	**
北海道	北海道-1	3.846	30	4.758	30	2.1792	*

** p<0.01, * 0.01<p<0.05

2. II期(同一区内の比較(28°C-24°C))

地域群	区	28°C		24°C		t値	
		平均 (×10 ⁻²)	個体数	平均 (×10 ⁻²)	個体数		
九州	九州-1	1.316	30	1.833	30	3.9122	**
	-2	1.629	29	2.028	30	3.6186	**
瀬戸内海	瀬戸内海-1	2.484	26	3.168	27	2.8692	**
	-2	1.834	23	3.221	27	5.2374	**
北海道	北海道-1	2.984	28	3.807	24	5.7156	**

** p<0.01, * 0.01<p<0.05

第3表 0+年魚低温試験における各区の飼育結果

区	平均水温 (°C)	期首			期末			
		個体数	TL(mm)	BW(g)	個体数	TL(mm)	BW(g)	GR*(×10 ⁻²)
11°C								
九州-1	10.8	29	271.6	224.6	29	274.7	210.9	-0.099
-2	"	29	267.7	214.7	28	269.2	202.5	-0.080
瀬戸内海-1	11.0	24	238.1	146.6	23	244.4	155.3	0.095
-2	"	25	212.7	106.0	25	219.0	113.4	0.108
北海道-1	"	24	249.1	168.0	21	255.3	174.4	0.061
8°C								
九州-1	7.8	29	278.5	244.5	29	271.8	232.7	-0.073
-2	"	29	280.0	237.3	28	280.4	224.5	-0.080
瀬戸内海-1	"	24	232.8	145.0	24	234.6	141.2	-0.044
-2	"	24	227.0	126.4	24	230.0	123.2	-0.042
北海道-1	"	25	255.0	182.6	21	256.6	175.5	-0.058

期間 1991.1.9-3.4

*GR:日間増重率

第4表 0+年魚低温試験における日間増重率の平均値の比較 (t検定)
1. 同一区内の比較 (11°C-8°C)

地域群	区	11°C		8°C		t値
		平均 (×10 ⁻²)	個体数	平均 (×10 ⁻²)	個体数	
九州	九州-1	-0.098	29	-0.073	29	1.6616
	-2	-0.080	28	-0.080	28	1.7734
瀬戸内海	瀬戸内海-1	0.090	23	-0.044	24	4.9329 **
	-2	0.108	25	-0.041	24	5.9209 **
北海道	北海道-1	0.063	21	-0.058	21	4.790 **

** p<0.01, * 0.01<p<0.05

2. 区間の比較 (11°C)

地域群	区	九州-1	-2	瀬戸内海-1	-2
九州	九州-1	-	-	-	-
	-2	-	-	-	-
瀬戸内海	瀬戸内海-1	**	**	-	-
	-2	**	**	-	-
北海道	北海道-1	**	**	-	-

** p<0.01, * 0.01<p<0.05

第5表 1+年魚高温試験における各区の飼育結果

区	平均水温 (°C)	期首			期末			
		個体数	TL(mm)	BW(g)	個体数	TL(mm)	BW(g)	GR*(×10 ⁻²)
29°C								
九州-1	28.7	29	300.4	280.7	29	305.9	302.3	0.207
-2	"	27	296.3	286.4	27	306.0	319.4	0.324
瀬戸内海-1	28.8	24	273.1	234.4	24	276.9	239.2	0.020
-2	"	20	254.0	179.7	20	260.7	196.0	0.202
北海道-1	"	26	296.2	286.4	25	299.2	293.6	0.071
25°C								
九州-1	24.8	29	302.6	278.0	28	322.4	352.1	0.598
-2	"	28	296.7	272.2	28	321.8	362.1	0.842
瀬戸内海-1	"	24	280.0	242.0	24	303.3	310.2	0.727
-2	"	29	267.5	203.4	27	293.7	281.3	0.883
北海道-1	"	23	299.5	283.3	23	318.0	335.4	0.497

期間 1991.8.6-9.9

*GR:日間増重率

第6表 1+年魚高温試験における日間増重率の平均値の比較 (t検定)
1. 同一区内の比較 (29°C-25°C)

地域群	区	29°C		25°C		t値
		平均 (×10 ⁻²)	個体数	平均 (×10 ⁻²)	個体数	
九州	九州-1	0.207	29	0.598	28	4.7550 **
	-2	0.324	27	0.842	28	7.0857 **
瀬戸内海	瀬戸内海-1	0.020	24	0.727	24	5.3519 **
	-2	0.202	20	0.883	27	5.7459 **
北海道	北海道-1	0.071	25	0.497	23	5.6368 **

** p<0.01, * 0.01<p<0.05

2. 区間の比較 (11°C)

地域群	区	九州-1	-2	瀬戸内海-1	-2
九州	九州-1	-	-	-	-
	-2	-	-	-	-
瀬戸内海	瀬戸内海-1	-	*	-	-
	-2	-	-	-	-
北海道	北海道-1	*	**	-	-

** p<0.01, * 0.01<p<0.05

第7表 1+年魚低温試験における各区の飼育結果

区	平均水温 (°C)	期首			期末			GR*(×10 ⁻²)
		個体数	TL(mm)	BW(g)	個体数	TL(mm)	BW(g)	
14°C								
九州-1	14.1	27	386.3	692.3	27	392.9	727.3	0.141
-2	"	26	363.7	604.7	26	366.2	623.6	0.095
瀬戸内海-1	"	23	386.7	707.4	23	387.7	715.4	0.034
-2	"	24	367.3	596.0	24	370.5	615.0	0.088
北海道-1	"	25	378.3	631.4	24	381.3	644.1	0.060
11°C								
九州-1	10.8	28	395.3	742.3	28	396.3	753.5	0.048
-2	"	27	379.0	651.1	27	379.6	654.5	0.009
瀬戸内海-1	10.9	23	355.7	572.0	23	355.9	578.0	0.020
-2	"	24	369.1	607.4	24	370.0	615.0	0.024
北海道-1	"	24	370.0	591.4	24	370.7	595.1	0.015

期間 1992.1.7-2.7

*GR:日間増重率

第8表 1+年魚低温試験における日間増重率の平均値の比較 (t検定)
1. 同一区内の比較 (11°C-14°C)

地域群	区	11°C		14°C		t値
		平均 (×10 ⁻²)	個体数	平均 (×10 ⁻²)	個体数	
九州	九州-1	0.048	28	0.141	27	2.6600 *
	-2	0.009	27	0.095	26	2.6888 **
瀬戸内海	瀬戸内海-1	0.020	23	0.034	23	0.5349
	-2	0.024	24	0.088	24	2.0021
北海道	北海道-1	0.015	24	0.058	24	1.2902

** p<0.01, * 0.01<p<0.05

2. 区間の比較 (11°C)

地域群	区	九州 1	-2	瀬戸内海-1	-2
九州	九州-1	-	-	-	-
	-2	-	-	-	-
瀬戸内海	瀬戸内海-1	-	-	-	-
	-2	-	-	-	-
北海道	北海道-1	-	-	-	-

** p<0.01, * 0.01<p<0.05

第9表 九州-1区の各個体における高温および低温飼育による日間増重率の順位

個体名	性	体重(g)	0+	0+	1+	0+	0+	1+	1+
			1,28℃	1,28℃	29℃	11℃	8℃	14℃	11℃
A	♀	870	1	1	1		6		4
B	♀	1005	8	2	2		2		6
C	♀	605	25	29	3		4		1
D	♀	665	23	21	4	2		1	
E	♂	691	7	8	5	12		10	
F	♀	756	10	11	6	3		4	
G	♀	1058	3	6	7	7		7	
H	♀	568	16	9	8		11		12
I	♂	502	14	16	9	5		11	
J			2	27	10	14			
K	♀	1053	4	4	11	4		9	
L	♀	589	24	15	12	10		12	
M	♀	981	29	17	13		10		3
N	♀	581	13	19	14	8		3	
O	♀	897	17	7	15	6		2	
P	♂	740	27	28	16	1		5	
Q	♀	758	18	10	17		5		5
R	♀	874	19	5	18		7		8
S	♂	293	6	26	19	13		6	
T	♂	619	12	3	20		13		11
U			9	23	21		1		
V	♂	556	15	14	22		14		14
W	♀	984	5	12	23		3		9
X	♀	520	26	25	24		15		2
Y	♀	634	20	22	25		9		13
Z	♀	666	21	24	26	11		8	
AA	♀	840	11	13	27		8		10
AB	♂	458	22	18	28	9		13	
AC	♂	515	28	20	29		12		7

体重は1+低温試験終了後の測定値。欠測個体は途中へい死。

考察

日本国内の3カ所の地域の天然魚からいくつかの飼育個体群を作成し、高水温および低水温に対するヒラメ地域群の成長性を年齢別に比較することを試みた。その結果、高温域では九州群の成長性が概して良く、低温域では九州群の成長性が概して悪いという傾向がみだされた。

ヒラメのアイソザイム遺伝子の分析結果では、ヒラメの自然集団は地域の小集団からなるが、地域間の隔離が不完全で遺伝子の流出や流入が歴史的な時間の中で起こり、全体としては均一な集団とみなすことができるといわれている。³⁾アイソザイム遺伝子のような分子レベルの変異は適応度に中立のばあいが多いが、⁴⁾生態的形質のばあいは適応度に密接に関係しているものとかんがえられる。日本列島の南北に広く分布しており、しかも大回遊をしないヒラメ⁵⁾では各地域の水温に適した生態的適応がなされている可能性が推察された。しかし、今回の高

温および低温における成長性を地域群別に比較した試験からは、一定の傾向はみられたものの地域群間に特に際だった差は検出できなかった。1つにはヒラメは水平的には南北に分布しているとはいえ、垂直的には高温の表層帯を避けてより深所に生活の場を移すことができようし、低温期にも同様な行動をとることは想像できるであろう。もしそうであるならば、適水温対を求めて垂直移動をおこなう生態が水温耐性に顕著な差がみられなかった大きな要因であるのかもしれない。

しかしながら、個体別にみると0+、1+年魚においても安定して高成長性を示した個体があったことは注目できる。このことは高温または低温に強い遺伝子の存在を推定でき、形質として固定できる可能性があるとおもわれる。

ヒラメでは第1卵割阻止型雌性発生2倍体を作成することによってすべての遺伝子座をホモ型化(固定)することが可能である。⁶⁾このとき、ヘテロ型の遺伝子がホモ化することによって分離し、結果として変異の拡大が

導かれることになる。⁹⁾ 今後は第1卵割阻止型雌性発生2倍体ヒラメを低温・高温条件にさらすことにより、温度耐性に対する変異を検出し、同時に遺伝的に固定化された親魚候補として選抜する仕事が残されているが、この結果については別報で報告する予定である。

要約

各地域系統群の0+および1+年魚個体群について高温および低温期における飼育特性を比較した。0+年魚高温飼育試験については九州および瀬戸内海区の一部に高温成長性がみられた。0+年魚低温飼育試験については、11℃を基準に考えてみると、九州区では11℃における成長性は低い、瀬戸内海、北海道区では11℃においてはある程度の成長性がみられた。1+年魚高温飼育については、各区とも高温区の成長性は対照の25℃区に比べて劣った。しかし、高温区間の差の比較結果から九州区の成長性が概して良いことがわかった。1+低温飼育については、九州区では低温における高い成長性は認められなかった。これは0+年魚の低温試験結果とも一致する。瀬戸内海、北海道区についても低温における高成長性はないようであった。

個体ごとの成長結果についてみると、安定して増重率が高かった個体もみられたことから温度耐性遺伝子の存在が推定され形質として固定できる可能性が示唆された。

文献

- 1) 基礎生物学研究所・兵庫県立水産試験場：ヒラメの有用再生産形質の識別評価に関する研究，平成元年度水産生物有用形質識別評価手法開発事業報告書，日本水産資源保護協会，東京，1990，65-91.
- 2) 基礎生物学研究所・兵庫県立水産試験場：ヒラメの有用再生産形質の識別評価に関する研究，平成元年度水産生物有用形質識別評価手法開発事業報告書，日本水産資源保護協会，東京，1991，85-132.
- 3) 北海道大学水産学部・兵庫県立水産試験場：ヒラメの有用再生産形質の識別評価に関する研究，平成元年度水産生物有用形質識別評価手法開発事業報告書，日本水産資源保護協会，東京，1992，121-151.
- 4) 北海道大学水産学部・兵庫県立水産試験場：ヒラメの有用再生産形質の識別評価に関する研究，平成元年度水産生物有用形質識別評価手法開発事業報告書，日本水産資源保護協会，東京，1993，75-106.
- 5) 藤尾芳久・J. Park・田畑和男：ヒラメの自然集団と放流集団との遺伝的差異，アイソザイムによる魚介類の集団解析，日本水産資源保護協会，東京，1989，419-435.
- 6) 木村資生：生物進化を考える，岩波新書19，岩波書店，東京，1988，pp290.
- 7) 落合明・田中克：新版魚類学（下），恒星社厚生閣，東京，1986，p.1075.
- 8) 田畑和男・五利江重昭：第1卵割阻止型雌性発生ヒラメの誘起と飼育特性，日水誌，54，1867-1872（1988）.
- 9) N. Taniguchi, H. Hatanaka and S. Seki: Genetic Variation in Quantitative characters of meiotic and mitotic gynogenetic diploid ayu, *Plecoglossus altivelis*, *Aquaculture*, 85, 223-233 (1990).