

## 遡河回遊性コイ科魚類ウグイ属マルタ椎体異常個体の 形態学的特徴

酒井治己<sup>1\*</sup>, 中井博紀<sup>2</sup>, 天野翔太<sup>3</sup>, 須田有輔<sup>1</sup>

### Morphological Characteristics of Anadromous Cyprinid *Tribolodon brandtii* with Fused Centnums

Harumi Sakai<sup>1\*</sup>, Hiroki Nakai<sup>2</sup>, Shota Amano<sup>3</sup> and Yusuke Suda<sup>1</sup>

**Abstract** : Eighty-four specimens of the maruta-type of anadromous cyprinid *Tribolodon brandtii* collected from six rivers in the Tohoku and Kanto Districts between 1952 through 2012 included one individual with hooked vertebral column and 18 individuals with fused centnums. These abnormal individuals were all collected from three rivers in the 1960s, and specimens from the other three rivers collected in other times were all normal ones. The individual with hooked vertebral column looked abnormal in appearance, too. The individuals with fused centnums, on the other hand, looked normal and had the same morphological characteristics with the other individuals with normal vertebrae collected at the same time except for number of vertebrae and snout length. The adjusted number of vertebrae of the individuals with fused centnums by their number of neural spines was indifferent from those of the normal individuals. The corrected number of abdominal and caudal vertebrae, however, was more and less than those of the normal individuals, respectively. Length/height (%) of non-fused caudal centrum of the individuals with fused centnums was larger than those of the normal individuals. The individuals with fused centnums would have recovered their normal body shape by the vertebral alteration mentioned above through their daily swimming life in their growth.

**Key words** : abnormality, vertebrae, centrum fusion, morphology, Cyprinidae, *Tribolodon*

### 緒言

魚類における骨格異常は古くから知られている。特に1960年代の日本経済の高度成長期には、それは各種の水質汚染の指標として注目されてきた<sup>1)</sup>。一方で同時代に魚類養殖も盛んになり、種苗生産の現場においても各種の骨格異常が病害的側面としてとらえられ<sup>1)</sup>、生産効率と販売価格の低下および養殖魚のイメージダウンに直結する重大な問題となっている<sup>2)</sup>。

魚類の骨格異常のうち比較的軽微な椎体癒合は、養殖魚

のみならず野生魚にも認められる<sup>1)</sup>。それは直接的に脊椎骨数の減少をもたらすが、重度の形態的変形を伴わないものの短躯的となって他の形態的形質にも影響を及ぼす可能性がある<sup>1)</sup>。

このたび、博物館等に保管されている遡河回遊性（河川でふ化した仔稚魚がしばらくのちに降海し成長後産卵のために再び遡河する）のコイ科魚類ウグイ属マルタ *Tribolodon brandtii* (Dybowsky) の二型<sup>3)</sup> すなわちマルタ型とジュウサンウグイ型のうち、マルタ型の標本を精査したところ、少なからぬ個体にそのような一部の椎体癒合が認められた。

<sup>1)</sup> 水産大学校生物生産学科 (Applied Aquabiology, National Fisheries University)

<sup>2)</sup> 水産大学校生物生産学科卒業生 (Alumnus, Applied Aquabiology, National Fisheries University)

<sup>3)</sup> 水産大学校水産学研究科修了生 (Alumnus, Graduate School of Fisheries Science, National Fisheries University)

\*別刷り請求先 (corresponding author): sakaih@fish-u.ac.jp

しかし、椎体の正常な個体と癒合した個体では外見上の識別が困難であった (Fig. 1)。

ウグイ属魚類の骨格異常については、ウグイ *T. hakuensis* (Günther) に関する一連の研究がある<sup>4-9)</sup>。ウグイにおいても、脊柱の彎曲や短軀<sup>4)</sup>のほか椎体癒合も自然状態で数%出現するとされる<sup>7,9)</sup>。脊柱の彎曲などは直接的に外見的体型異常に反映される。一方より軽微な椎体異常である癒合が形態的特徴にどの程度の影響を及ぼすかについては検討されていない。

そこで、外見上の識別が困難であったマルタの正常個体と椎体癒合個体を比較し、椎体癒合と形態学的形質の関係を検討したので報告する。

## 材料と方法

標本は、北海道大学 (HUMZ), 国立科学博物館 (NSMT-P), および琵琶湖博物館 (LBM) に登録保管されている岩手県の大船渡湾から神奈川県の大船渡湾から多摩川に至る6地点から採集された合計84個体のマルタ型のマルタである (Table 1, Fig. 2)。マルタ型のマルタは、まず頭部側線感覚管系のうち鰓蓋下顎管と眼下管耳後部が連結していることでウグイ



Fig. 1. *Tribolodon brandtii* from the Niita River, two individuals of NSMT-P SK 2187. A, normal individual, 113 mm SL; B, abnormal individual with fused centra, 118.0 mm SL

属他種と識別され<sup>10,11)</sup>、縦列鱗数が80枚前後、背鰭前部鱗数が40枚に満たないことで同定される (ジュウサンウグイ型のマルタは縦列鱗数85枚前後から90枚以上、背鰭前部鱗数40枚前後である)<sup>3)</sup>。

外部形態の測定は中村の方法<sup>3,11)</sup>に従った。測定項目は測定結果表 (Table 2) に示した通りである。頭部を除く体各部の計測形質については体長の、頭部の形質については頭長の相対長 (%) を求めた。

Table 1. Specimens of *Tribolodon brandtii* used

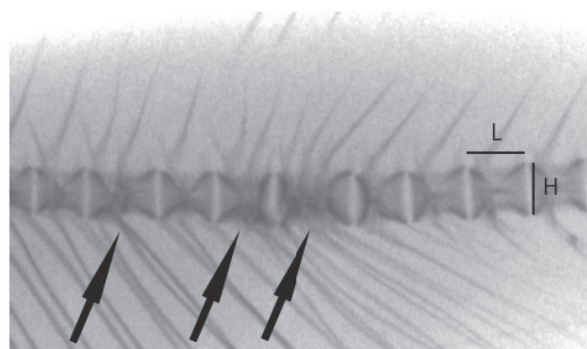
Locality number	Locality	Date	Number of individuals		Catalogue number
			Normal	Abnormal	
1	Ohfunato Bay, Iwate Pref.	1998/1/7	7		NSMT-P 112155 - 112161
2	Natori River, Miyagi Pref.	1962/5/4	7		NSMT-P SK 2283
		1962/5/10	3		NSMT-P SK 2285
		1962/5/15	5	2	NSMT-P SK 2287
3	Niita River, Fukushima Pref.	1961/11/14	10	5	NSMT-P SK 2187
4	Hi-numa Pond, Ibaragi Pref.	1952/11/16	6		NSMT-P SK 445
5	Tone River system, Ibaragi Pref.	1964/12/18	5	7	NSMT-P SK 8907
		1965/1/5	10	5	NSMT-P SK 9147
6	Tama River, Kanagawa Pref.	1952/11/2	3		NSMT-P SK 442
		1997/6/3	3		NSMT-P 112162 - 112164
		2012/4/2	6		NSMT-P 112165, HUMZ 21653 - 21655, LBM 1210054322, 1210054323

NSMT, National Science Museum, Tokyo; LBM, Lake Biwa Museum; HUMZ, Hokkaido University, Marine Zoology



**Fig. 2.** Map showing the sampling localities. 1, Ohfunato Bay; 2, Natori River; 3, Niita River; 4, Hi-numa Pond; 5, Tone River system; 6, Tama River.

脊椎骨数の計数は軟エックス線撮影画像によった (CBM-2 型, SOFTEX)。なお、ウェーベル氏器官は 4 個として数えた。正常な椎体の場合は 1 個につき神経棘が 1 本のところ、神経棘が 2 本以上存在する癒合椎体の認められる個体が出現した (Fig. 3)。その場合は余分な神経棘の数だけ脊椎骨数を加算し、その個体の補正脊椎骨数とした。椎体癒合個体の出現した地点の標本について、脊椎の正常な個体



**Fig. 3.** Soft x-ray positive photograph of vertebral column with fused centurs, one individual of NSMT-P SK 9147 from the Tone River system, 222.6 mm SL. Arrows, fused centurs; L, length of a non-fused centrum; H, height of a non-fused centrum.

**Table 2.** Morphological comparison between *Tribolodon brandtii* with normal and abnormal centurs

	Normal individuals (N=40)				Individuals with fused centurs (N=18)				Difference (t-test)	Individual with hooked vertebral column (N=1)
	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max		
Standard length (SL mm)	213.9	57.0	108.7	343.0	190.7	48.1	104.6	237.1		183.7
In % of SL										
Head length	25.2	0.8	23.4	26.9	25.4	1.2	23.2	27.6	ns	28.8
Body depth	22.2	1.8	20.1	28.5	23.1	2.1	19.7	29.0	ns	27.5
Caudal peduncle length	21.3	1.1	19.5	24.3	21.1	1.3	17.8	22.8	ns	21.1
Caudal peduncle depth	10.0	0.5	9.2	11.4	10.1	0.8	8.9	12.2	ns	11.6
Predorsal length	52.0	1.6	48.2	56.6	52.9	1.8	48.0	55.1	ns	55.9
Preanal length	71.8	1.5	68.8	74.8	71.9	2.1	66.5	75.7	ns	73.5
Prepelvic length	50.2	1.1	48.5	52.6	50.7	1.9	46.5	54.8	ns	53.3
Dorsal fin base length	9.4	0.7	8.0	10.7	9.4	0.7	8.5	10.9	ns	10.5
Anal fin base length	9.0	0.8	7.6	11.0	8.8	0.4	8.0	9.4	ns	8.8
Pectoral fin length	16.2	0.6	14.9	17.7	16.5	0.6	15.4	18.0	ns	17.9
Pelvic fin length	13.5	0.7	12.0	15.1	13.5	0.6	12.5	14.5	ns	13.8
In % of head length										
Snout length	33.2	1.3	30.2	35.4	34.1	1.2	30.8	35.9	p<0.05	36.9
Eye diameter	16.3	1.8	13.9	21.3	16.8	1.9	14.4	21.8	ns	16.1
Interorbital width	34.5	1.4	31.0	38.2	35.0	1.4	31.9	37.6	ns	36.5
Upper jaw length	27.7	1.3	24.4	30.0	28.2	1.2	25.6	29.5	ns	29.3
Suborbital length	14.8	1.0	12.2	16.7	15.0	1.2	12.3	16.6	ns	13.7
Branched dorsal rays	7.0	0.2	7	8	7.0	0.4	6	8	ns	7
Branched anal rays	8.0	0.2	7	8	7.9	0.3	7	8	ns	8
Lateral line scales	80.5	2.9	73	86	80.1	2.7	75	84	ns	76
Upper transverse scales	15.1	1.0	12	17	15.3	0.7	14	17	ns	16
Lower transvers scales	12.0	1.0	9	14	11.9	0.7	11	13	ns	12
Predorsal scales	37.2	1.6	34	41	37.5	1.5	35	40	ns	38
Vertebrae	46.4	0.7	45	48	43.5	2.7	36	47	p<0.001	uncountable



**Table 3.** Comparisons of observed and adjusted vertebral counts (total, abdominal and caudal vertebrae) between *Tribolodon brandtii* with normal and fused centurms

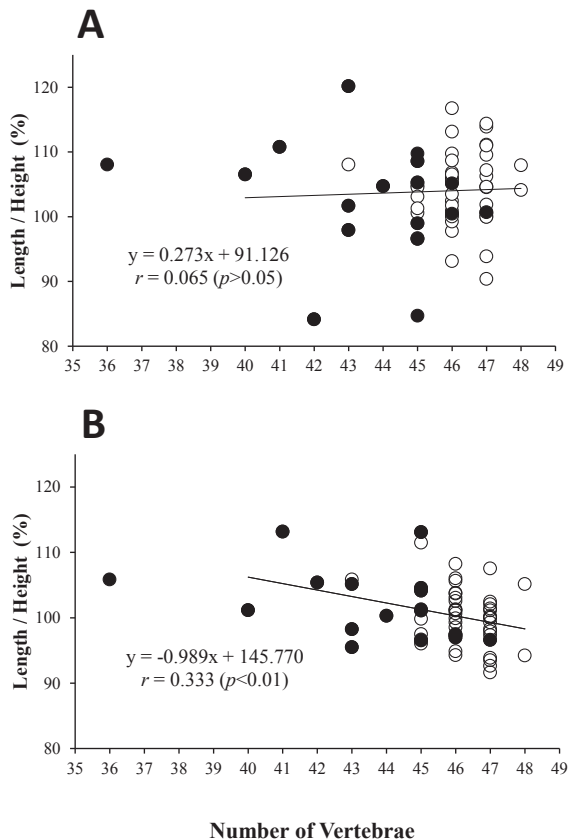
	Normal individuals (N=40)				Individuals with fused centurms (N=18)				Difference (t-test)
	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max	
Total vertebrae									
observed	46.4	0.7	45	48	43.5	2.7	36	47	$p<0.001$
adjusted					46.0	1.3	43	48	ns
Abdominal vertebrae									
observed	26.1	0.8	24	27	24.7	1.7	21	27	$p<0.001$
adjusted					26.3	1.1	24	28	ns
Caudal vertebrae									
observed	20.4	0.8	19	22	18.9	1.5	15	21	$p<0.001$
adjusted					19.7	0.8	18	21	$p<0.01$

**Table 4.** Comparisons of length/height (%) of five centurms per one individual (abdominal and caudal vertebrae) between individuals of *Tribolodon brandtii* with normal and fused centurms

	Normal individuals (N=40)				Individuals with fused centurms (N=18)				Difference (t-test)
	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max	
Abdominal vertebrae	104.0	7.4	81	127.5	103.8	9.8	66.8	126.6	ns
Caudal vertebrae	99.9	6.4	82.3	126.8	102.1	6.9	87	120.5	$p<0.01$

脊椎骨数には相関は認められなかったが ( $r=0.065, p>0.05$ ; Fig. 6A), 尾椎では有意な負の相関が認められた ( $r=0.333,$

$p<0.01$ ; Fig. 6B)。



**Fig. 6.** Relationships between number of vertebrae and length/height (%) of non-fused centurms. A, abdominal vertebrae; B, caudal vertebrae; open circles, normal individuals; closed circles, individuals with fused centurms.

### 考 察

このたび調査した6河川のうち、3河川から脊椎屈曲1個体および椎体癒合18個体が検出された。椎体癒合個体は正常個体と外見的に識別が困難で、形態的な差異も脊椎骨数を除けば吻長に有意差が認められただけであった。なお、吻長に有意差があることについての理由は不明である。

椎体癒合によって脊椎骨数が減少したにもかかわらず体型に短躯的な特徴が認められないと言うことは、椎体の形状変化などで体型の補整がなされている可能性が考えられる。椎体癒合個体の脊椎骨数を神経棘数に基づいて補正したところ、総数では正常個体における数に達したものの、腹椎骨数が若干増加し尾椎骨数が減少していた。一方、椎体長の椎体高比を比較したところ、尾椎において椎体癒合個体が正常個体より有意に大きく、また脊椎骨数との負の相関、つまり脊椎骨数の減少に伴って椎体がより長方形になっている現象が認められた。すなわち、椎体癒合個体は腹椎骨数をわずかに増加させ、かつ尾椎体を長くすることにより、体型に異常をきたすことを回避しているものと考えられる。

マルタと同属のウグイにおいては、脊椎骨は体長12-18 mmで形成され始め32 mmで完成されるが<sup>6)</sup>、椎体の癒合は24 mmまでに起こり<sup>7,9)</sup>、その後は各椎体が大きく

頑丈になるだけで癒合は起こらず, 特に脊椎骨中央部の椎体が最も大型化することがわかっている<sup>8)</sup>。同属で生活史の類似するマルタ<sup>3)</sup>においても, おそらく脊椎骨の成長は同様であろう。脊椎骨形成初期に椎体の癒合したマルタは, ほどなく脊椎骨が完成される際に腹椎と尾椎の境界を若干後方に移動させ, さらにその後の成長過程において日常的な遊泳行動をする中で尾椎骨の椎体を大きくすることによって体型を補整し, 流体力学的な不利点を適応的に挽回しているものと考えられる。

1975 - 1978 年に採集された野生のウグイにおいて, 椎体癒合は約 3 - 8% の割合で出現したことがわかっている<sup>7)</sup>。また飼育下では水温 22 °C で発育させた場合は椎体癒合個体の出現が 9% であったところ, 水温 18 °C および 25 °C では 33 - 35% に上昇したことも報告されている<sup>9)</sup>。このたびのマルタにおける椎体癒合個体の出現率は, 後者の値に近い。椎体癒合個体の出現した 3 河川の標本はすべて 1960 年代に採集されたものであった。それらのマルタの脊椎骨形成期に, 実際に異常気象などによる水温の低下や上昇があったのかどうかは知る由もない。

一方, 1972 年に岩手県 11 河川で出現した椎体異常のウグイのほとんどが脊椎屈曲であったことが記録されている<sup>1)</sup>。日本が経済の高度成長期にあった 1960 - 1970 年代は, 人間活動による様々な排水による河川の水質悪化が問題となったが, そのことが脊椎骨屈曲に影響した可能性がある<sup>1)</sup>。このたび利根川の標本から確認された脊椎骨屈曲のマルタ 1 個体は同様の原因による奇形個体かも知れない。他の椎体癒合のあった 18 個体のマルタについては, 当時の温排水の影響や, 比較的程度の弱い水質悪化による軽度の骨格異常として椎体癒合が起こった可能性も考えられよう。

このたびはウグイ属マルタのマルタ型についての調査結果であったが, 同様に調査した北海道や本州日本海側の約 140 個体のジュウサンウグイ型マルタでは, 脊椎異常個体がわずかに数個体しか出現しなかったことは, 理由は不明ながらたいへん興味深い (未発表資料)。今後博物館等に保存されている他の魚種や地域の標本について, 長い年代にわたって骨格異常の調査を広げることにより, 骨格異常と生息環境との関係の全貌が解明されて行くものと考えられる。

## 謝 辞

標本の貸与および登録の便宜を図って頂いた国立科学博物館の篠原現人博士, 松浦啓一博士, 北海道大学大学院水

産科学研究所の今村 央博士, 矢部 衛博士, および滋賀県立琵琶湖博物館の桑原雅之氏, 標本の採集にご協力いただいた東京海洋大学の河野 博博士および元宮城県立水産高等学校教諭の座間 彰博士に深く感謝の意を表す。標本測定を補助していただいた水産大学校生物生産学科学学生 (当時) の廣田祐侑輔氏, 有田健人氏および宮内亮哉氏にお礼申し上げる。

## 文 献

- 1) 松里寿彦: 魚類の骨格異常に関する研究. 養殖研報, **10**, 56 - 178 (1986)
- 2) 服部 学: 養殖マダイの脊椎骨異常に関する研究. 近大水研報, **9**, 1 - 66 (2004)
- 3) 中村守純: 日本のコイ科魚類. 資源科学研究所, 東京 (1969)
- 4) 駒田格知: ウグイ (*Tribolodon hakonensis*) の骨格の異常成長に関する研究 (1) 水槽内飼育における成長および外部形態異常の発現について. 成長, **17**, 28 - 35 (1978)
- 5) 駒田格知: ウグイ (*Tribolodon hakonensis*) の骨格の異常成長に関する研究 (2) 椎体長の変異について. 成長, **17**, 39 - 45 (1978)
- 6) 駒田格知: ウグイ (*Tribolodon hakonensis*) の骨格の異常成長に関する研究 (1) 成長に伴う脊椎骨の形態変化について. 成長, **17**, 72 - 75 (1978)
- 7) 駒田格知: ウグイ (*Tribolodon hakonensis* Günther) の骨格の異常成長に関する研究 (4) 天然および水槽内飼育ウグイにおける脊椎骨異常の発現について. 成長, **18**, 49 - 59 (1979)
- 8) 駒田格知: ウグイの椎体の成長について. 魚雑, **26**, 351 - 356 (1980)
- 9) Komada N. Vertebral anomalies in the cyprinid fish, *Tribolodon hakonensis*. *Japan J Ichthyol*, **29**, 185 - 192 (1982)
- 10) 中村守純: 原色淡水魚類検索図鑑. 北隆館, 東京 (1963)
- 11) Kurawaka K: Cephalic lateral-line system and geographical distribution in the genus *Tribolodon* (Cyprinidae). *Japan J Ichthyol*, **24**, 167 - 175 (1977)