

北海道におけるブラウントラウトの年齢と成長および性成熟

誌名	北海道立水産孵化場研究報告 = Scientific reports of the Hokkaido Fish Hatchery
ISSN	02866536
巻/号	56
掲載ページ	p. 115-123
発行年月	2002年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



北海道におけるブラントラウトの 年齢と成長および性成熟

青山智哉*・鷹見達也*・下田和孝*・小山達也*

Age, Growth and Sexual Maturity of Brown Trout, *Salmo trutta*, in Hokkaido, Japan

Tomoya Aoyama*, Tatsuya Takami*, Kazutaka Shimoda*
and Tatsuya Koyama*

Abstract

A total of 175 brown trout, *Salmo trutta*, were sampled from the Chitose River and Atsuta River basin systems in Hokkaido, northern Japan, from April to November in 2000. By comparing fork length with age, determined by scale analysis, a correlation between fork length and age was obtained as follows: 7-13 for 1+, 12-27 for 2+, 18-33 for 3+, 29-31 for 4+, 31-46 for 5+, and 56-67 cm for 6+ years. Two fish from the samples showed better growth than the others. These two individuals had probably migrated to the sea during their second spring. The length and age at the first sexual maturity were 11 cm and 1+ for males and 19 cm and 2+ for females, respectively. The results suggest that, since serial life stages were sampled from the rivers, brown trout introduced to rivers have a high capacity to adapt to the environments in Hokkaido.

Key words : *Salmo trutta*, ブラントラウト, 年齢, 成長, 性成熟, 外来種

ブラントラウト (*Salmo trutta*) は、アイスランド島、イギリス諸島、ユーラシア大陸のアラル海より西側、シシリア島などの地中海の島、およびアフリカ大陸最北のアトラス山脈を原産地とするサケ科魚類である。本種は19世紀半ば頃から釣りの対象魚として世界各地に移殖され、現在は南北アメリカ大陸、オセアニア諸島、アフリカ大陸中南部などに広く分布する (Baglinière and Maisse, 1991; Elliott, 1994)。日本への移殖は1892年とされているが (Elliott, 1994)、北海道への移殖はそれから1世紀近く経った1978年である (米川, 1981)。その後、主として釣り人の放流により北海道における分布は急速に広がり、1997年までに18水系で生息が確認された (鷹見・青山, 1999)。こ

れらの水系でブラントラウトは釣り対象魚として利用されている。

一方、ブラントラウトは在来種に影響を与えることが知られ、実際に北アメリカではブラントラウトの移殖による在来種の分布域の縮小や個体数の減少についての報告が多く出されている (Krueger and May, 1991)。日本においても在来種の保護のために、ブラントラウトの移殖の影響を把握することは急務であるが、それらについては杉山 (1997) がアメマス (*Salvelinus leucomaenis*) とブラントラウトの交雑について述べた報告、真山 (1999) がサクラマス (*Oncorhynchus masou*) 稚魚の捕食について述べた報告および鷹見ら (2002) がアメマスとブラントラウ

*北海道立水産孵化場 (*Hokkaido Fish Hatchery, Kitakashiwagi 3-373, Eniwa, Hokkaido 061-1433, Japan)

トとの置き換わりについて述べた報告があるに過ぎない。また日本におけるブラウントラウトの基本的な生態の知見も少なく、分布（鷹見・青山, 1999）、降海性（Aoyama *et al.*, 1999）、食性（白石・田中, 1967）および産卵（佐川ら, 2000）について報告されているのみであり、北海道内の生息に関する実態はほとんど知られていない。

本研究では、北海道におけるブラウントラウトの生息実態の一部を明らかにするため、石狩川および厚田川水系で採集された本種の年齢と成長および性成熟について調査した。またこれらの結果から、本種の北海道における適応性を考察した。

材料および方法

ブラウントラウトが採集された河川は、北海道西部日本海に注ぐ一級河川石狩川の支流千歳川とその支流

紋別川、および石狩川の河口から約16km北側に注ぐ二級河川厚田川の支流左股川である（Fig. 1）。千歳川、紋別川、左股川の流域面積はそれぞれ1245.6、22.0、42.2 km²、流路延長はそれぞれ107.9、17.5、13.2 kmである。石狩川との合流点から約53km上流の千歳川には発電用の堰（第四ダム）があるため、それより上流の千歳川と第四ダムの約3km上流で合流する紋別川へは魚類は遡上できない。第四ダムから約3km下流の鳥籠舞橋までの区間は北海道内水面漁場管理委員会指示により、周年釣りが禁止されている。一方、厚田川は北海道内水面漁業調整規則で保護水面に指定され、すべての水産動物の採捕が禁止されている河川である。

採集は主に電気漁具（Model 12 Electro fisher, Smith-Root Inc.）と棒径約40cm、目合約5mmのたも網を用いて行った。ただし、第四ダムの貯水部を除く千歳川では釣りを併用し、第四ダムの貯水部では釣りのみで行った。

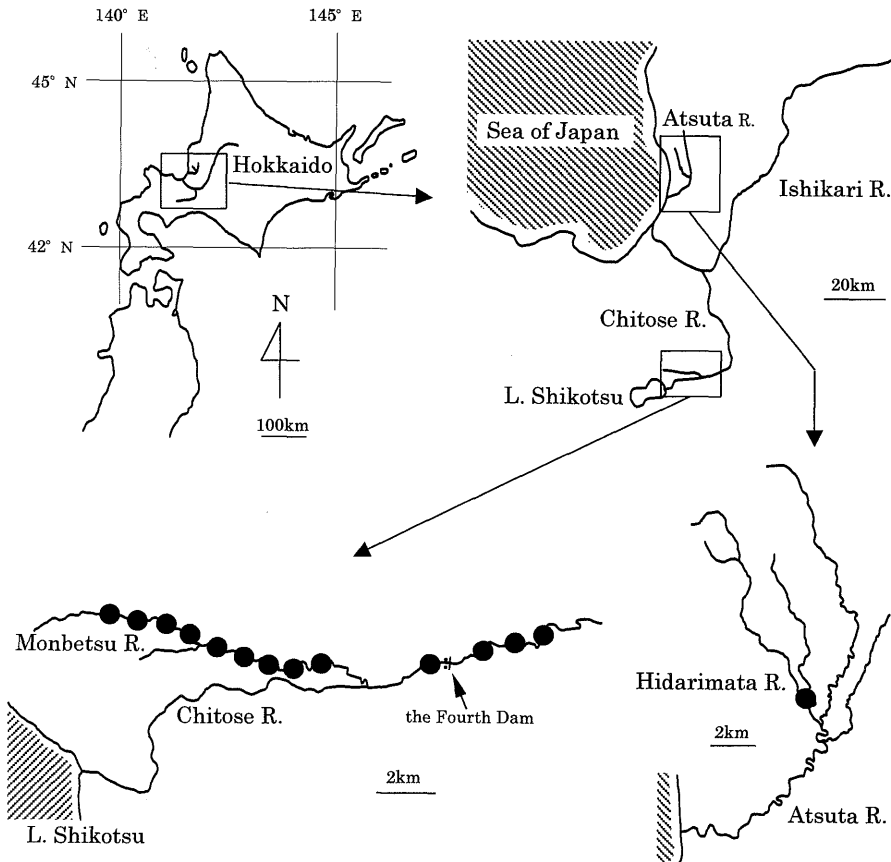


Fig. 1 Area map of sampling sites of brown trout (circles showed sampling point).

2000年4月20日から11月8日に採集されたブラントラウトは、紋別川で150尾、第四ダムから約5km下流のナイベツ川合流点と第四ダムから約1km下流のさけ・ます資源管理センターとの間の千歳川で22尾、第四ダムの貯水部で2尾および厚田川の河口から約16km上流の支流左股川で1尾の合計175尾であった (Table 1)。

採集したブラントラウトは、現地で尾叉長および体重 (一部の個体を除く) を測定し、背鰭下方の側線より3から5列上の鱗を採取した。また一部の個体を除いて研究室に持ち帰り、耳石を採取し、生殖腺重量を0.01 g単位で計測した。採取した鱗を万能投影機を用いて50倍で観察し、鱗の中心 (focus) から各休止帯 (resting zone) の外側および最外周までの輪紋 (circuli) 数、距離を計数、計測した。1番内側の休止帯が明瞭でない場合、耳石を実体顕微鏡下で観察し、鱗の休止帯に対応する一番内側の透明帯が確認できた場合、休止帯であると判断した。なお、採取した鱗がすべて再生鱗であった10個体は分析に用いなかった。本報告における各個体の年齢は、休止帯の数がnである場合n⁺と表示する。

生殖腺重量指数は次式により求めた。

$$\text{生殖腺重量指数 (G.S.I.)} = \{ \text{生殖腺重量} / (\text{魚体重} - \text{生殖腺重量}) \} \times 100$$

産卵床を調べるため2000年11月26日に紋別川中流域の約1kmの区間を川通しに歩いた。

ブラントラウトは成長の場を求めて、支流から本流へ、さらには湖や海へと移動することが知られてい

る (Baglinière and Maisse, 1991)。したがって紋別川で生まれた個体が千歳川、第四ダム、日本海へと移動する可能性は高い。一方、第四ダムの下流の千歳川および日本海へ移動した個体は紋別川には戻れないが、第四ダムの貯水部へ移動した個体は紋別川に戻ることができることから、紋別川で採集されたブラントラウトは紋別川だけで育った個体と第四ダムに移動して育った個体が混在する可能性があるが、それらの個体は区別できない。また、第四ダムより下流の千歳川で採集されたブラントラウトは、そこで生まれ育った個体か紋別川で育ち移動してきた個体かは区別できない。以上のことを考慮し、成長をまとめるにあたり、採集場所を区別しなかった。

結 果

休止帯の完成時期

紋別川で採集した個体の終末成長帯 (last growth zone, 最外の休止帯以降に形成された成長帯) の輪紋数は、4月20日では7個体のうち6個体が0本、すなわち新しい成長帯は形成されていなかったが、6月14、15日では9個体のうち8個体に新しい成長帯の形成がみられた。一方、千歳川本流で採集した個体の終末成長帯の輪紋数は、4月21日で22個体のうち半数以上の12個体に新しい成長帯の形成がみられた (Table 2)。したがって、休止帯が完成する時期、言い換えると成長帯の形成が始まる時期は、紋別川の方が千歳川より遅いものの概ね4から5月頃と推測され

Table 1. Numbers and sizes of brown trout sampled in Monbetsu River, Chitose River and Atsuta River

Site	Monbetsu River						Chitose River		Atsuta River	Total
	Date	N	Fork length (cm)	Date	N	Fork length (cm)	Date	N		
	20 April	8	11.6-30.5	7 July	25	10.3-34.5	21 April	22	6.7-66.5	
	14,15,25 June	20	9.6-31.6	26 October	34	7.3-28.5	In the Fourth Dam	2	30.0-34.5	1
				8,21 November	63	12.6-46.9	9 September	1	37.5	175

Table 2. Frequency distributions of number of circuli in the last growth zone

River	Date	Age	N	Number of circuli									
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Monbetsu	20 April	1+	3	2				1					
		2+	2	2									
		3+	1	1									
		4+	1	1									
Chitose	14,15 June	1+	9	1				1	1	1	2	1	2
		2+	19	7	2	1	1	2	2	3			1
		6+	3	3									

る。この後の解析においても、休止帯の完成時期は4から5月と仮定し、年齢が加算される日を便宜的に4月1日とする。

鱗径と尾叉長

鱗径と尾叉長との関係を見るにあたり、鱗の吸収がほとんど無いと考えられる尾叉長20 cm以下の99個体について調べたところ、鱗径 (S , mm) と尾叉長 (L , mm) との間には直線関係が認められ (Fig. 2),

$$L = 13.927 \times S + 3.4703 \quad (R^2 = 0.9038)$$

という関係式を得た。

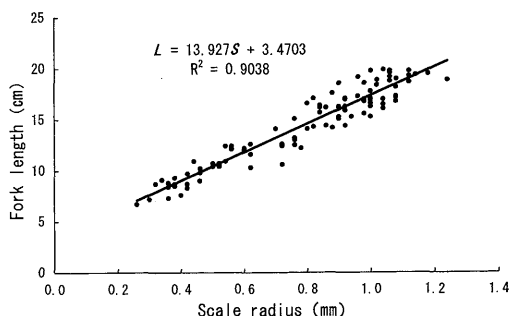


Fig. 2 Relationship between scale radius and fork length of brown trout under 20 cm in fork length (n=99).

年齢と尾叉長

採集時期が異なるブラウントラウトの成長を検討するにあたり、終末成長帯が形成されている個体のうち0+の6個体を除き、鱗の中心から最後の休止帯の外側までの距離から、最後の休止帯が完成した4から5月頃の尾叉長を逆算して比較した。尾叉長の逆算はLee現象あるいは逆Lee現象を考慮し、次に示すLeaの式(久保・吉原, 1957)を用いて行った。

$$Lt = (St/S) \times (L-a) + a$$

ただし、 Lt : 採集年の4から5月における推定尾叉長、 L : 採集時の尾叉長、 St : 鱗の中心から最後の休止帯の外側までの距離、 S : 鱗径、 a : 鱗径と尾叉長との関係式のy切片の数値。

ブラウントラウトの1+, 2+, 3+, 4+, 5+および6+の4から5月における尾叉長の平均(最小-最大)は、それぞれ9.1 (6.7-13.2), 19.4 (11.9-27.4), 26.4 (18.0-33.3), 30.6 (29.2-31.2), 38.4 (30.8-46.0) および59.9 (55.8-66.5) cmであった (Fig. 3)。

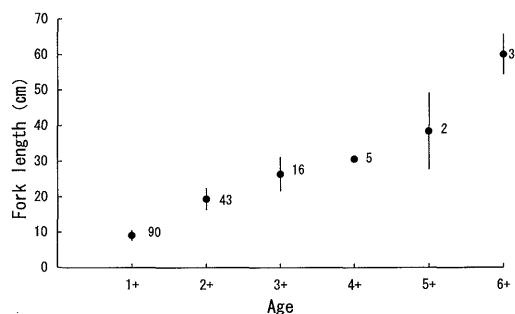


Fig. 3 Estimated fork length and SD of brown trout at each age in April-May. Numbers of fish examined are indicated.

成長速度

2+以上の66個体について各休止帯が完成した時期の尾叉長をLeaの式を用いて逆算し、原則1年間の瞬間成長係数を次式により求めた。

$$SGR = (\ln Ly_2 - \ln Ly_1) / 365$$

ただし、 Ly_2 : n+1歳になったときの推定尾叉長、 Ly_1 : n歳になったときの推定尾叉長。なお、厚田川で採集された個体の2+時については、採集された時点(2+の9月)の尾叉長を Ly_2 に代入し求めた。

瞬間成長係数の年間平均値およびその変異幅は年齢が増加するに従い減少した (Fig. 4)。

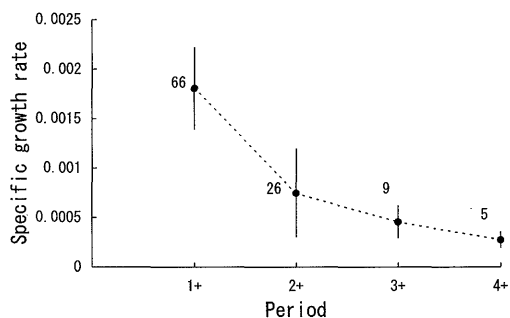


Fig. 4 Average and SD of annual specific growth rate (fork length in cm per day) in each age. Numbers of fish examined are indicated.

1+の1年間における瞬間成長係数と2+の1年間における瞬間成長係数との関係をFig. 5に示した。3+以上(厚田川で採集された個体については2+)の26個体のブラウントラウトは2+の1年間における瞬間成長係数の平均値が0.001を境にそれ以下(Aグループ)とそれ以上(Bグループ)との等確立楕円の重ならない2群に分かれた。またAグループの平均尾叉長の増加

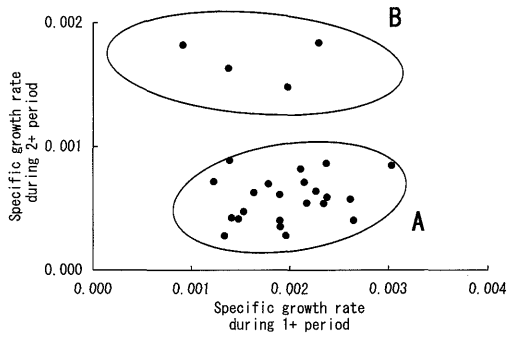


Fig. 5 Relationships between specific growth rates (fork length in cm per day) during 1+ and 2+ period. Confidence ellipse ($p=0.05$) are indicated.

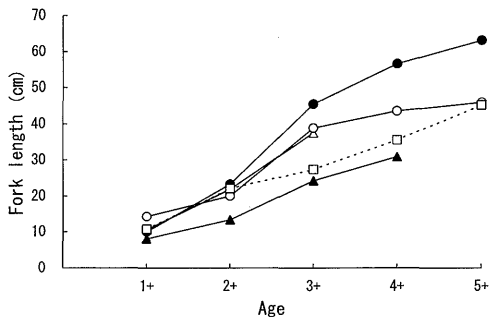


Fig. 6 Age and growth of brown trout in Hokkaido. Open square: average of the Group A fish. Solid circle: the Group B fish captured in the Chitose River. Open circle: the Group B fish captured in the Monbetsu River. Solid triangle: the Group B fish captured in the Fourth Dam. Open triangle: the Group B fish captured in the Atsuta River.

は1+時に比べ2+時でやや鈍るが、Bグループ各個体の尾叉長は1+時より2+時で増加した (Fig. 6)。Bグループは千歳川の第四ダム下流、紋別川の下流域、第四ダムの貯水部および厚田川で採集された4個体であった。

性成熟

紋別川で10月26日および11月8日に採集したブラウントラウトそれぞれ23および51尾の計74尾について生殖腺重量指数 (G.S.I.) を調べた (Fig. 7)。雄はG.S.I.が0.91%以下の個体と1.48-6.90%の個体との2群に分かれ、生殖腺の肉眼的観察 (Blacket, 1968) により前者はその年に成熟しない個体、後者はその年に成熟する個体と判断された。同様に雌はG.S.I.が0.60%以下の個体と8.17-21.92%の個体との2群に分

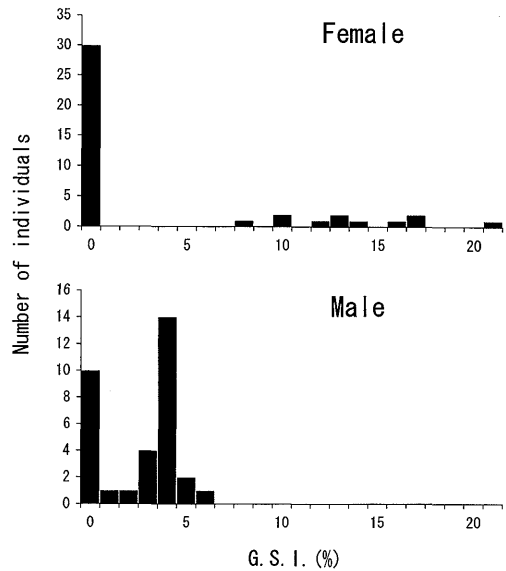


Fig. 7 Gonad somatic index (G.S.I.) distributions of brown trout captured on October 26 ($n=23$) and November 8 ($n=51$), 2000 in the Monbetsu River.

かれ、生殖腺の肉眼的観察により前者はその年に成熟しない個体、後者はその年に成熟する個体と判断された。この時点で成熟に向かっている雄はほとんどが放精可能であったが、雌は排卵していなかった。

Fig. 8に性、年齢別の尾叉長分布と成熟の状況を示した。0+では雌雄ともに成熟に向かっている個体はいなかった。雄は1+で約半数が、2+以上では全数が成熟に向かっていた。一方、雌は1+でも成熟に向かう個体は見られず、成熟に向かうのは2+からで、2+で約8割が、3+以上では全数が成熟に向かっていた。成熟に向かっていた最小個体の尾叉長 (年齢) は雄および雌で、それぞれ10.7 cm (1+) および19.2 cm (2+) であった。

産卵

11月26日に行った産卵床調査で、全体の長径が約1.5 m、短径が約0.8 mの完成した産卵床が二つ、空掘りと思われるものが一つ発見された。またその空掘りから数十m上流で産卵行動中のブラウントラウトのペアが観察された。ペアの雄は尾叉長およそ50 cm、雌はおよそ40 cmで、そのペアの下流側には15-30 cmのブラウントラウトの雄と思われる約10個体が確認された。11月27日以降は、降雪により紋別川へ通じる

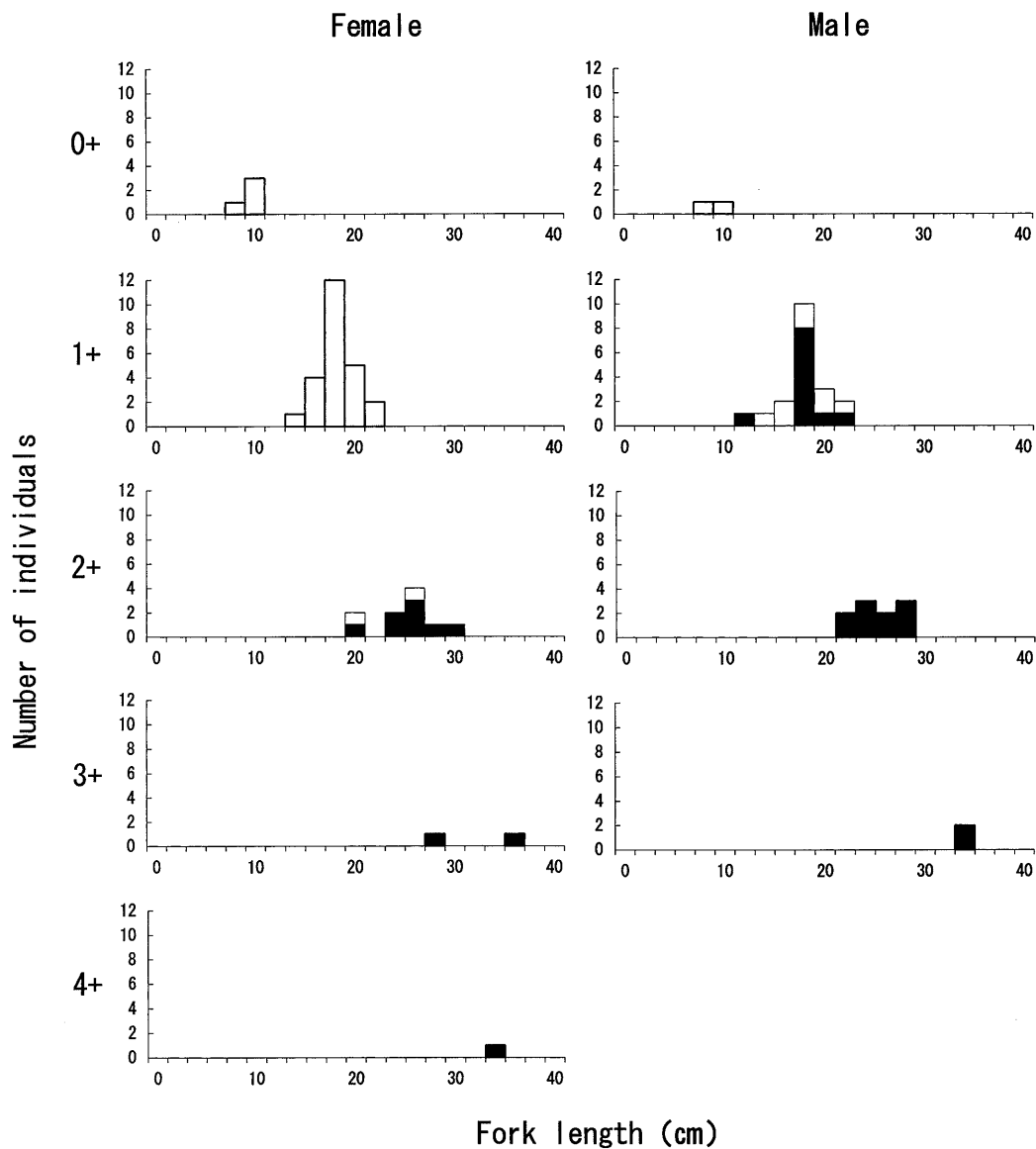


Fig. 8 Fork length distributions of brown trout captured on October 26 (n=23) and November 8 (n=51), 2000 in the Monbetsu River. Open and shaded bars show immature and mature individuals, respectively.

林道が通行できなくなったため、産卵床調査は続行できなかった。

考 察

ブラウントラウトは浮上してから満1年で尾叉長10 cm弱、2年で20 cm弱、3年で25 cmくらいに成長していたが、この数値は原産地であるフランスの山地におけ

る数値 (Baglinière and Maisse, 1991) と変わらない。

紋別川に生息するブラウントラウトの成熟は、雄では1+から、雌では2+から見られた。フランスの山地では、雄は0+から成熟が見られるが、ほとんどは1+で成熟し、雌は1+で稀に成熟がみられるが、ほとんどは2+で成熟する (Baglinière and Maisse, 1991)。イギリスでも雄の方が雌より早く、1+あるいは2+で成熟する (Elliott, 1994)。したがって、成熟の年齢に

についても原産地とほとんど変わらないと考えられた。

紋別川においてブラウントラウトの産卵行動は、11月22日以前には観察されなかった(吉原拓志氏, 東京農業大学生物産学学部, 私信)ことから、紋別川における産卵期は11月下旬からと思われる。しかし、11月27日以降は産卵床の観察ができなかったため、産卵の終期は特定できなかった。同じ石狩川水系の支笏湖に流入する美笛川における産卵期は12月中旬～1月上旬(佐川ら, 2000)とされているので、紋別川の方が2旬ほど産卵期が早い。Baglinière and Maisse (1991)は産卵開始のきっかけの一つとして、産卵河川の入口における最低水温が6℃の日が続くことを挙げている。紋別川では10月下旬にはその条件が揃うが(鷹見ら, 2002)、支笏湖ではその条件が揃うのは12月に入ってからである(帰山, 1991; 今田, 2000)。したがって、これらの産卵の違いは水温の違いに起因する可能性がある。

ところで、2⁺の1年間における尾叉長の瞬間成長係数が0.001以上の4個体(Fig. 5, Bグループ)は他と大きく異なって良好な成長を示した。特に厚田川で採集された個体は2⁺の1年間の途中である9月に採集された個体であることから、実際には2⁺の1年間における瞬間成長係数はさらに高いと考えられる。Bグループ4個体のうち紋別川の下流域および第四ダムの貯水部で採集された個体は、第四ダムがあるため降海経験は無いといえるが、千歳川の第四ダム下流および厚田川で採集された個体は降海した可能性もある。スコットランドではブラウントラウトの降海後の成長速度は、それ以前の河川生活期の成長に比べるかに速いことが知られており(Pemberton, 1976)、千歳川の第四ダム下流および厚田川で採集された2個体は、北海道沿岸における過去の採捕事例(Aoyama *et al.*, 1999)やその成長履歴から2⁺の春に降海していた可能性は高いと考えられる。降海型のブラウントラウトのなかには一生の間に海洋と河川を数回行き来する個体がいることが知られている(Elliott, 1994)。第四ダム下流で採集された個体は、採集時の年齢が6⁺と推定されたが、今回の調査から降海回数を特定することはできない。耳石に含まれる微量元素は、各輪紋形成時の生息環境を反映することが知られ(麦谷, 1994)、シラウオ(*Salangichthys microdon*)ではこのことを利用して降海、遡上の履歴の特定が試みられている

(山口, 2001)。ブラウントラウトの降海行動を明らかにするためにはこうした手法の導入が必要である。一方、降海経験が無い2個体のうち第四ダムの貯水部で採集された1個体は、第四ダムの貯水部に降湖することにより良好な成長を得たと推察される。また紋別川の下流域で採集された1個体についても、降湖していた可能性が考えられる。

厚田川は釣りが禁止されている保護水面であるため、釣り人によるブラウントラウト放流の可能性は極めて低い。さらに厚田川では流域の広範囲に渡ってサクラマス幼魚の生態調査が数多く行われてきたが(例えば、北海道立水産孵化場, 2001)、ブラウントラウトの採捕例は本報告の一例だけであることから、厚田川で再生産が行われている可能性も極めて低い。したがって、厚田川で採集されたブラウントラウトは他の河川から降海して厚田川に遡上したものと考えられる。移殖されたブラウントラウトがその場所だけに留まらず、海を通じて他の河川に生息を広げる例は北アメリカでも報告されている(Dymond, 1963)。また、降海したブラウントラウトは沿岸回遊性が強く、限られた狭い範囲での移動しかしない(Elliott, 1994)こと、石狩川水系以外に厚田川の近くでブラウントラウトが生息する川は報告されていないことから、厚田川で採集されたブラウントラウトは石狩川水系から降海した個体である可能性が高い。

ブラウントラウトは新しい環境への適応能力に優れ(Baglinière and Maisse, 1991)、移殖先の多くで河川型から降湖型あるいは降海型へと変化してきた(Baglinière and Maisse, 1991; Groot, 1996)。今回の結果でも、北海道の河川で産卵が行われ、成長は原産地のものに匹敵することが明らかとなった。また、厚田川および第四ダム下流で採集された個体は降海していた可能性が高いと考えられた。これらのことから、ブラウントラウトは北海道の自然環境に適応し、海外の移殖先と同様に河川型から降湖型、降海型へと変化していることが推測される。

1997年までに北海道の18水系でブラウントラウトの生息が確認されたが、その水系数は1992年以降急速に増えた(鷹見・青山, 1999)。1996年に札幌などの釣具店店頭で行われたアンケート調査では、回答のあった520人のうち27%がブラウントラウトを釣りの対象魚として挙げていた(青山・鷹見, 1997)。また

釣り人向けの雑誌で行われたアンケート調査では、241人のうちの74%が今後道内でブラントラウトを釣りたいと回答していた(つり人社, 2000)。このように釣り対象魚としてのブラントラウトの人気は低くはない。しかし、現実にはアメマスの生息域を狭め、個体数を減少させる(鷹見ら, 2001)など、ブラントラウトが在来種へ与える影響は小さくはないと考えられる。そのため、今後はブラントラウトの利用について、在来種の保護も含めた自然環境保護の立場と、釣り対象魚としての価値を認める立場との間で調整を行うことが急務である。

要 約

1. ブラントラウトの年齢、成長と成熟を明らかにするため、北海道で採集された175尾のブラントラウトについて鱗や生殖腺などを調べた。
2. ブラントラウトの1⁺, 2⁺, 3⁺, 4⁺, 5⁺および6⁺の4から5月における尾叉長の平均は、それぞれ9.1, 19.4, 26.4, 30.6, 38.4および59.9cmであった。
3. 成長履歴の解析により、2⁺の一年間の成長が極めて良い群が認められた。それらのうちの2個体は2⁺の春に降海していた可能性が高いと考えられた。
4. ブラントラウトの成熟は、雄では1⁺から、雌では2⁺から始まった。
5. 紋別川においてブラントラウトの産卵は11月下旬から始まった。
6. 以上のことからブラントラウトは北海道の自然環境に適応し、河川型から降湖型、降海型へと変化していることが推測された。

謝 辞

本報告をまとめるにあたり、有益なご助言を頂いた北海道立水産孵化場梶野寛史氏、宮腰靖之氏、ブラントラウトの生息について貴重な情報を頂いた札幌市の青山光宏氏、ブラントラウトの採集にご協力頂き、産卵床について貴重な情報を頂いた東京農業大学生物産業学部の吉原拓志氏に深くお礼を申し上げます。

文 献

- Aoyama, T., Naito, K. and Takami, T. (1999). Occurrences of sea-run migrant brown trout in Hokkaido, Japan. *Scientific Reports of the Hokkaido Fish Hatchery*, 53, 81-83.
- 青山智哉・鷹見達也 (1997). 北海道の内水面遊漁を考える 2. 釣具店店頭でのアンケート調査から。魚と水, 34, 143-150.
- Baglinière, J. L. and Maisse, G. (1991). *Biology and Ecology of the Brown and Sea Trout*. Praxis Publishing, Chichester, 286p.
- Blacket, R. F. (1968). Spawning behavior, fecundity and early life history of anadromous Dolly Varden in southern Alaska. *Alaska Department of Fish and Game, Research Report 6*, 1-85.
- Dymond, J. R. (1963). Family Salmonidae. In *Fishes of the Western North Atlantic*. Part 3. (H. B. Bigelow, C. M. Breder, Y. H. Olsen, D. M. Cohen, W. C. Schroeder, G. W. Mead, L. P. Schultz, D. Merriman and J. Tee-Van, eds.), pp. 455-502. Sears Foundation for Marine Research, Yale University, New Haven.
- Elliot, J. M. (1994). *Quantitative Ecology and the Brown Trout*. Oxford University Press, Oxford, 286p.
- Groot, C. (1996). Salmonid life histories. In *Principles of Salmonid Culture*. (W. Pennell and B. A. Burton, eds.), pp. 97-230. Elsevier Science B. V., Amsterdam.
- 北海道立水産孵化場 (2001). サクラマス増殖における河川生産力有効活用技術調査。平成11年度事業成績書, 北海道立水産孵化場, pp. 85-112.
- 今田和史 (2000). 支笏湖の水質環境と漁業の変遷。湖沼環境の変遷と保全に向けた展望 (高村典子編)。国立環境研究所研究報告, 153, 83-97.
- 梶山雅秀 (1991). 支笏湖に生息する湖沼型ベニザケの個体群動態。北海道さけ・ますふ化場研究報告, 45, 1-24.
- Krueger, C. C. and May, B. (1991). Ecological and genetic effects of salmonid introductions in North America. *Canadian Journal of Fisheries*

- and Aquatic Science*, 48 (Supplement 1), 66-77.
- 久保伊津男・吉原友吉 (1957). 水産資源学. pp.482.
共立出版, 東京.
- 真山 紘 (1999). 千歳川におけるサクラマス幼魚お
よびブラウントラウトによる浮上期サクラマス稚
魚の捕食. さけ・ます資源管理センター研究報告,
2, 21-27.
- 麦谷泰雄 (1994). 魚類の耳石情報解析に関する研究.
日本水産学会誌, 60, 7-11.
- Pemberton, R. G. (1976). Sea trout in North Argyll
sea lochs; I: Population, distribution and
movements. *Journal of Fish Biology*, 9, 157-179.
- 佐川志朗・山下茂明・青山裕俊・西田和功・佐藤公
俊・岡本健太郎 (2000). 支笏湖におけるイトヨ,
アメマスおよびブラウントラウトに関する一知
見. 98' タモ網隊活動報告. かばっ・ちえぶ (支
笏湖の水とチップの会), 11, 56-60.
- 白石芳一・田中 実 (1967). 中禅寺湖におけるブラ
ウンマスの食性について. 淡水区水産研究所報告,
17, 87-95.
- 杉山秀樹 (1997). 淡水魚あきた読本. pp.183. 無明
舎出版, 秋田.
- 鷹見達也・青山智哉 (1999). 北海道におけるニジマ
スおよびブラウントラウトの分布. 野生生物保護,
4, 41-48.
- 鷹見達也・吉原拓志・宮腰靖之・桑原 連 (2002).
北海道千歳川支流におけるアメマスから移入種ブ
ラウントラウトへの置き換わり. 日本水産学会誌,
68, 24-28.
- つり人社 (2000). アンケート第8回, ブラウントラ
ウトについて. *North Angler's*, Vol. 8, pp. 108-
113. つり人社, 東京.
- 山口幹人 (2001). 耳石のストロンチウム・カルシウ
ム比 (Sr/Ca) 分析からみたシラウオの遡上降海.
試験研究は今 No. 449, 北海道水産林務部, 札幌.
- 米川年三 (1981). 新種導入の動き, 北海道にブラウ
ントラウト出現. 魚と水, 19, 43-44.