

## 北海道の10河川におけるブラウントラウトの成長と性成熟 (資料)

下田和孝\*, 青山智哉, 坂本博幸, 大久保進一, 畑山 誠, 竹内勝巳

北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場

Growth and sexual maturity of brown trout in ten rivers in Hokkaido, Japan (Note)

KAZUTAKA SHIMODA\*, TOMOYA AOYAMA, HIROYUKI SAKAMOTO, SHIN-ICHI OHKUBO,  
MAKOTO HATAKEYAMA and KATSUMI TAKEUCHI

Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Eniwa, Hokkaido, 061-1433, Japan*

キーワード：成熟年齢, 成長曲線, ブラウントラウト

ヨーロッパおよび西アジア原産のブラウントラウト *Salmo trutta* は、明治から昭和初期に日本へ移入され (青山, 2003), 北海道では1978年に日高地方の河川に初めて放流された (米川, 1981)。その後, 分布河川は急速に拡大し, 1997年までに道内の18水系で生息が確認され (鷹見・青山, 1999), 2012年の時点で30水系以上に達した (下田, 2012)。ブラウントラウトは在来生物へ及ぼす影響が大きく, 生物多様性や人間活動に対する影響の深刻さと生物学的侵入の事例を規準に, 国際自然保護連合 (IUCN) の種の保全委員会で2000年に「世界の侵略的外来種ワースト100」に選出されている (村上・鷲谷, 2002)。北海道では, 人為的な分布拡大を防ぐ目的で2003年から北海道内水面漁業調整規則により移殖放流が禁止された。

これに加えて北海道ではブラウントラウトへの対策として, 数河川を対象に試験的な駆除が実施されている。なかにはブラウントラウトの個体数の大幅な減少と在来魚群集の復元に成功した河川がある一方, 河川規模が大きい河川全域での駆除が難しく駆除の効果が判然としない河川もあった (下田, 2012)。こうした河川のなかには, 河川全域での駆除の実施に必要な人的コストが試算された例もあるが (下田, 2012), 駆除によりブラウントラウトの個体群に対してどの程度のインパクトを与えることができるか検討されているわけではない。

近年, 外来魚の駆除対策では再生産関係に基づく個体群モデルを用いて駆除の効果を予測し, 複数の駆除方法

を比較検討することが提案されている (岩崎ら, 2012)。この報告によると, 駆除する個体の割合が一定以下だと密度効果の作用により駆除を実施しない場合よりも平衡個体数 (個体数増加率と駆除割合が釣り合って, 個体数が時間的に変化しない状態に達した時の個体数) が多くなる場合があるという。こうした検討を行うには, 個体群モデルの構築に必要な成長や成熟年齢など再生産に関わる基礎的知見が不可欠である。今後, ブラウントラウトの対策を効果的に進めるにあたり, 各分布河川におけるこうした基礎的知見が必要になると予想される。本報告では道内の10河川を対象にブラウントラウトの年齢と尾叉長を調べるとともに, このうちの4河川については成熟年齢と成熟サイズおよび成熟時期についても調べた。さらに, これら4河川では, ブラウントラウトとの間で交雑が起きることが報告されているアメマス *Salvelinus leucomaenis* (Kitano *et al.*, 2009) についても成熟年齢と成熟サイズおよび成熟時期を調べた。

### 材料と方法

**調査河川と調査年月日** 調査河川は, 豊畑川, 昆布川, 紋別川, ママチ川, 濁川, 鳥崎川, 森川, 茅部中の川, 戸切地川および頃内川とした (図1)。

豊畑川は静内川の一次支流で, 流域面積は15.5km<sup>2</sup>, 流路延長は8.7kmであり, 静内川の河口から約6.6km上流の地点に左岸側から流入する。豊畑川では下流域の4地

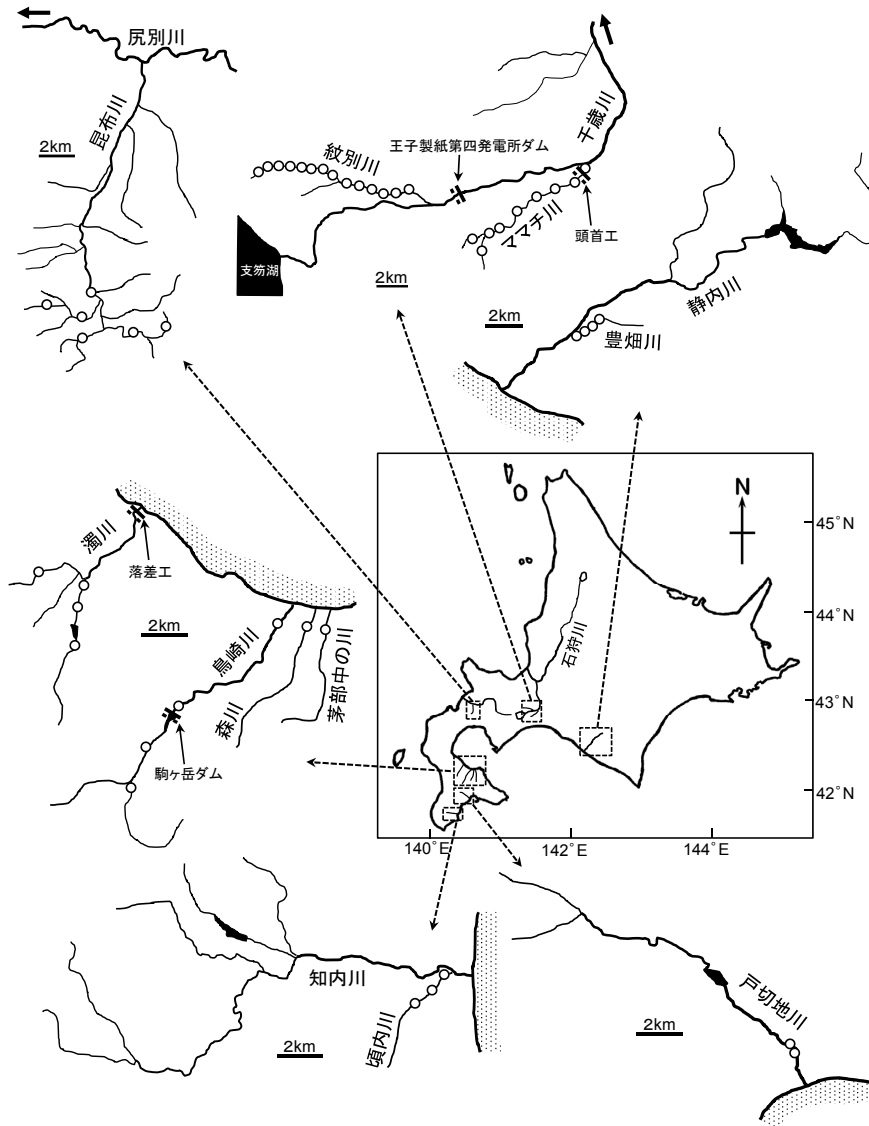


図1 調査河川と調査地点(○)の位置

点で2012年7月30日, 2013年1月16日, 4月25日, 5月1日, 7月29日, 2014年1月24日および2月25日にブラウントラウトを採捕して尾叉長を測定し年齢査定用の鱗を採取した。豊畑川の調査地点には秋期から冬期にかけてサケ *Oncorhynchus keta* が遡上してくることから, ブラウントラウトも河川と海洋とを行き来することが可能であると推測される。

紋別川は流域面積22.0km<sup>2</sup>, 流路延長15.1kmの規模で, 千歳川と石狩川の合流点から約55km上流で千歳川に注ぐ二次支流である。紋別川では本流全域の14か所で2011年9月12日, 16日, 20日, 10月24日および11月24日にブラウントラウトを採捕して尾叉長を測定し年齢査定用の鱗を採取した。このうち10月24日および11月24日の調査の際には性成熟についても調べた。千歳川には紋別川との合流点から約3.1km下流の地点に王子製紙第四発電所

のダムがあるため, 紋別川のブラウントラウトは河川と海洋とを行き来することはできない。

ママチ川は流域面積65.0km<sup>2</sup>, 流路延長20.5kmの規模で, 千歳川と石狩川の合流点から約42km上流の地点で千歳川に注ぐ二次支流である。ママチ川には千歳川との合流点から約0.5km上流の地点に魚道付きの頭首工が設置されている。ママチ川の各調査地点では遡河回遊型の生活史を持つサクラマス *Oncorhynchus masou* の幼魚が採捕されたことから, ブラウントラウトも河川と海洋とを行き来できると推測される。ママチ川では本支流全域の9か所で2011年8月1日, 2日, 3日, 10月28日, 11月24日および12月13日にブラウントラウトを採捕して尾叉長を測定し年齢査定用の鱗を採取した。このうち10月28日, 11月24日および12月13日の調査の際には性成熟についても調べた。

昆布川は尻別川の一次支流で、流域面積は134.1km<sup>2</sup>、流路延長は24.4kmであり、尻別川の河口から約32km上流に左岸側から流入する。昆布川では、上流域の本支流6か所で2012年8月1日および2日にブラウントラウトを採捕して尾叉長を測定し年齢査定用の鱗を採取した。昆布川の各調査地点では遡河回遊型の生活史を持つサクラマス幼魚が採捕されたことから、ブラウントラウトも河川と海洋とを行き来できると推測される。

濁川は噴火湾に注ぐ流域面積35.9km<sup>2</sup>、流路延長10.6kmの規模の河川で、本河川では本支流の中・上流域の4か所で2011年6月16日、10月20日、11月30日および2012年2月20日にブラウントラウトを採捕して尾叉長を測定し年齢査定用の鱗を採取した。このうち2011年10月20日、11月30日および2012年2月20日の調査の際には性成熟についても調べた。濁川には河口から約0.3km上流の地点に落差2m以上の河川工作物があるため、ブラウントラウトは河川と海洋とを行き来することはできない。

鳥崎川は噴火湾に注ぐ流域面積72.4km<sup>2</sup>、流路延長20.8kmの規模の河川で、本河川では本支流全域の4か所で2011年6月15日、17日、8月26日、2012年6月18日および7月23日にブラウントラウトを採捕して尾叉長を測定し年齢査定用の鱗を採取した。鳥崎川には河口から約10km上流地点に堤高43.6mの駒ヶ岳ダムがある。このダムの直下に位置する調査地点ではサクラマス幼魚が採捕されることから、ダムよりも下流に生息するブラウントラウトは海と川を行き来できると推測される。

森川は噴火湾に注ぐ流域面積8.4km<sup>2</sup>、流路延長9.7kmの規模の河川で、本河川では本流の下流1か所で2012年8月29日および12月18日にブラウントラウトを採捕して尾叉長を測定し年齢査定用の鱗を採取した。森川の調査地点では両側回遊型の生活史を持つカンキョウカジカ *Cottus hangiongensis* が採捕されたことから、ブラウントラウトも海と川を行き来できると推測される。

茅部中の川は噴火湾に注ぐ流域面積11.2km<sup>2</sup>、流路延長9.1kmの規模の河川で、本河川では本流の下流1か所で2012年8月30日にブラウントラウトを採捕して尾叉長を測定し年齢査定用の鱗を採取した。茅部中の川の調査地点では両側回遊型の生活史を持つカンキョウカジカが採集されたことから、ブラウントラウトも海と川を行き来できると推測される。

戸切地川は津軽海峡に注ぐ流域面積63.5km<sup>2</sup>、流路延長22.8kmの規模の河川で、本河川では本流の下流2か所で2011年6月16日、8月25日、2012年5月29日、6月19日および12月19日にブラウントラウトを採捕して尾叉長を測定し年齢査定用の鱗を採取した。戸切地川の調査地点では遡河回遊型の生活史を持つサクラマスの幼魚や両側回

遊型の生活史を持つカンキョウカジカが採捕されたことから、ブラウントラウトも河川と海洋とを行き来できると推測される。

頃内川は知内川の一次支流で、流域面積は5.1km<sup>2</sup>、流路延長は7.5kmであり、知内川の河口から約1.2km上流に右岸側から流入する。頃内川では、本流の中・下流の3か所で2011年7月27日、10月21日、11月29日、2012年2月21日、6月27日、7月24日、8月31日および12月20日にブラウントラウトを採捕して尾叉長を測定し年齢査定用の鱗を採取した。このうち2011年10月21日および11月29日の調査の際には性成熟についても調べた。頃内川では遡河回遊型の生活史を持つサクラマスの幼魚が採捕されたことから、ブラウントラウトも河川と海洋とを行き来できると推測される。

**調査方法** 各河川においてエレクトロフィッシャー (Smith-Root社製、12型または24型) を用いてブラウントラウトを採捕し、1mm単位で尾叉長を測定するとともに体側部から鱗を採取した。後日、採取した鱗の休止帯数を実体顕微鏡下で数え各個体の年齢を判定した。北海道のブラウントラウトでは4月から5月にかけて鱗の休止帯が完成することから (青山ら, 2002)、本報告では4月1日を年齢加算日とした。紋別川、ママチ川、濁川および頃内川の10月下旬から2月下旬の調査では、以下の基準に従って外観から性別および性成熟を判定した。

成熟雄：排精が認められる個体、成熟見込み雄：排精は認められないが上顎の先端が下方に屈曲し外観から雄であると判断できる個体、繁殖後雄：成熟雄が確認された以降の調査において採捕された個体のうち外観から雄であると判断できるものの排精が認められない個体、成熟雌：排卵が認められる個体、成熟見込み雌：排卵は認められないが腹部の触診により成熟卵を持つものと判断できる個体、産卵後雌：腹部が萎縮し産卵を終えたと判断できる個体。なお、これらのいずれにも該当しない個体は、性別不明個体とした。

10月下旬から2月下旬の調査の際には、混獲されたアメマスについてもブラウントラウトと同様に尾叉長の測定と鱗による年齢査定、性別および性成熟の判定を実施した。

**データ解析** 本研究は周年にわたって調査を実施したため、同一年齢であっても調査時期により体サイズが大きく異なっていた。そこで、各個体の年齢と採捕年月日から日齢を判定し、年齢加算日である4月1日を起点とした整数で日齢を表した (0+の4月1日を日齢では1とした)。この日齢を1年間の日数である365で除すことにより小数点以下の値を持つ年齢に換算して成長解析に用いた。ただし、調査地点を多数設定した河川では各月の調査に2

日間以上を要する場合があったことから平均尾叉長は調査月毎に集計し, 日齢としては月の中日である15日を充てた。

年齢と平均尾叉長との関係を式(1)のベルタランフィの成長式にエクセル(マイクロソフト社)のソルバー機能を用いて当てはめた。ただし,  $t$ は年齢,  $L_t$ は年齢における尾叉長,  $L_\infty$ は最大到達尾叉長,  $K$ は成長係数,  $t_0$ は $L_t=0$ の時の年齢である。ソルバー機能の使用に際しては尾叉長の実測値と式(1)により算出される $L_t$ の値との残差平方和が最小になるように,  $L_\infty$ ,  $K$ および $t_0$ を

変化するように設定した。

$$L_t = L_\infty(1 - e^{-K(t-t_0)}) \dots (1)$$

成長曲線への当てはめは河川毎に行うとともに全河川のデータを用いた当てはめも行い, 得られた成長曲線を各河川の成長の良否を判断する際の基準として用いた。

## 結 果

年齢と尾叉長 各河川で採捕された個体の尾叉長と年齢との関係を図2に示した。図2では各河川のベルタランフ

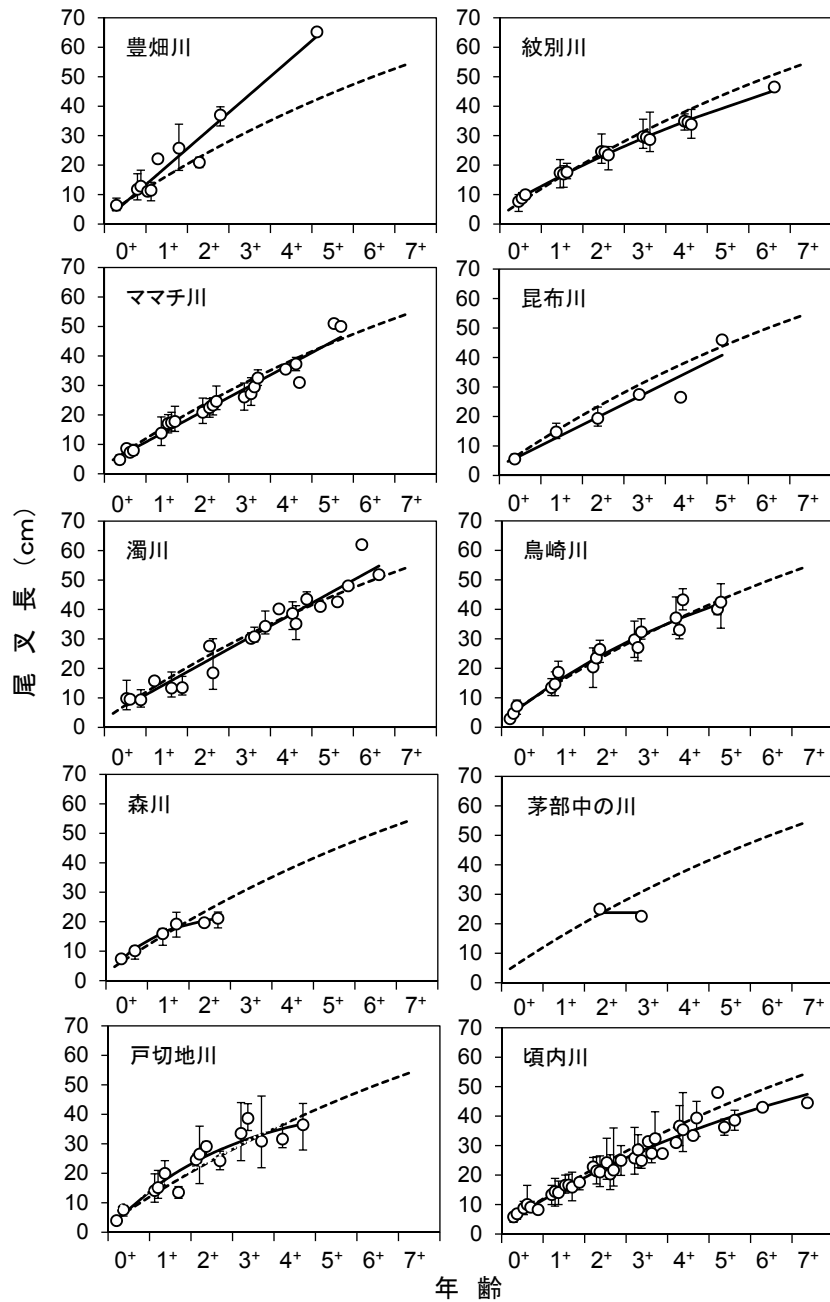


図2 各河川におけるブラウントラウトの年齢と平均尾叉長との関係  
 バーは尾叉長の範囲を, 実線は各河川のベルタランフィの成長曲線, 破線は全河川の測定データによるベルタランフィの成長曲線を示している。

この成長曲線を実線で、全河川の測定データに基づく成長曲線を破線で示した。各成長曲線のパラメータは表1に示した。全河川の測定データに基づく成長曲線によると、年齢加算日の4月1日時点における尾又長は、1+で12.4cm, 2+で20.8cm, 3+で28.4cm, 4+で35.4cm, 5+で41.8cm, 6+で47.6cm, 7+で53.0cmであった。

河川毎にみると、豊畑川の成長曲線は全河川による成長曲線よりも大きなサイズで推移した。豊畑川では本調査を通じて最大の個体（年齢5+, 尾又長65.2cm）が採

捕された。この個体により豊畑川の成長曲線は直線状となり、最大到達尾又長は過大な値となった（表1）。

紋別川の成長曲線は2+までは全河川による成長曲線とほぼ一致していたが、3+以降は成長が鈍化し全河川による成長曲線よりも低く推移した。

ママチ川の成長曲線は1+から3+にかけて全河川による成長曲線よりも僅かに低く推移したが、4+以降は全河川による成長曲線に準じた推移を示した。ママチ川では5+で50cm台の個体が2尾採捕されたことにより成長曲線は直線状となり、最大到達尾又長は過大な値となった（表1）。

昆布川の成長曲線は、2+から4+にかけて全河川による成長曲線よりも小さな値を示したが、5+で採捕された尾又長46.0cmの個体は全河川による成長曲線よりも僅かに大きかった。この個体により成長曲線は直線状となり、最大到達尾又長は過大な値となった（表1）。

濁川の成長曲線は6+以降に全河川による成長曲線よりも高くなった。ただし、これは尾又長62.0cmの6+の個体が成長曲線に大きな影響を及ぼしているためと推察される。成長曲線はこの個体により直線状となり、最大到達尾又長は過大な値となった（表1）。

鳥崎川の成長曲線は全河川による成長曲線とほぼ完全に一致し、10河川のなかで平均的な成長を示した。

表1 ベルタランフィの成長式のパラメータ

河川	$L_{\infty}$	$K$	$t_0$
豊畑川	66323.1	0.00018	-0.098
紋別川	92.1	0.09365	-0.608
ママチ川	5149.3	0.00148	-0.418
昆布川	8685.5	0.00081	-0.443
濁川	16640.1	0.00047	-0.422
鳥崎川	71.3	0.16341	-0.162
森川	23.6	0.81407	-0.063
茅部中の川	23.8	12.66153	-0.332
戸切地川	45.5	0.34661	-0.050
頃内川	78.8	0.11946	-0.333
全河川	109.4	0.09040	-0.286

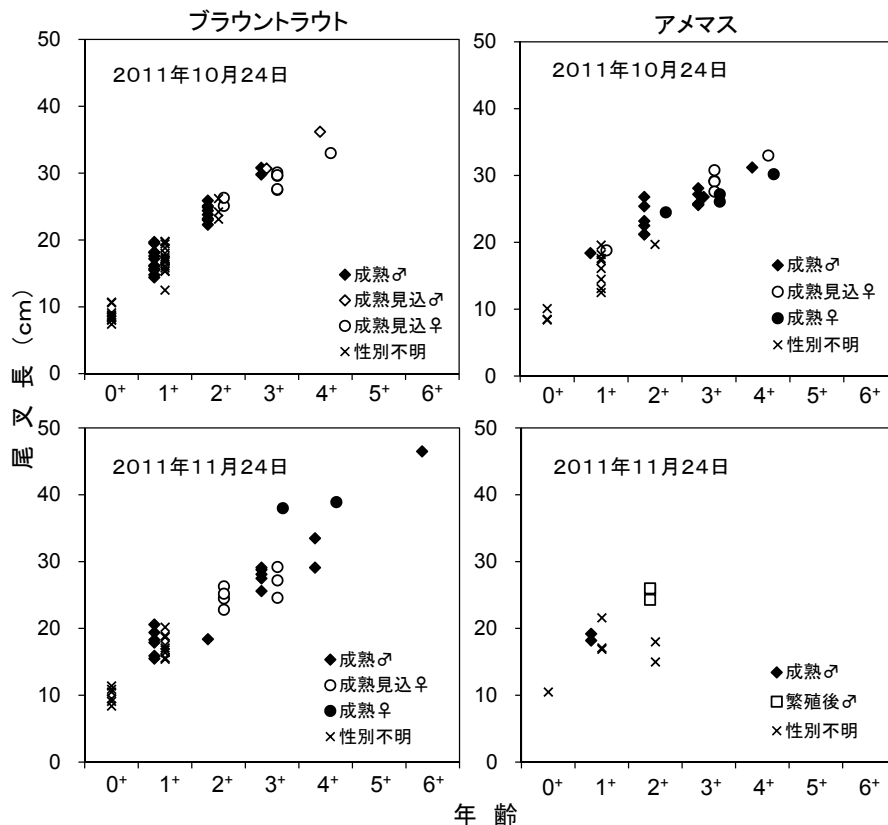


図3 紋別川におけるブラウントラウトとアメマスの成熟年齢と尾又長



森川では2+以下の個体が採捕された。1+までは全河川による成長曲線とほぼ一致していたが、2+では低い値を示した。

茅部中の川では2+と3+の個体が採捕されたが、2+の個体の尾叉長の方が大きかったため、有用な成長曲線は得られなかった。

戸切地川の成長曲線は2+以下の年齢では全河川による成長曲線よりも高く推移し、3+以降は全河川による成長曲線に準じていた。

頃内川の成長曲線は2+までは全河川による成長曲線に準じた値を示したが、3+以降は全河川による成長曲線よりも小さなサイズで推移した。

**性成熟** 紋別川におけるブラントラウトとアメマスの年齢、尾叉長および性成熟の関係を図3に示した。ブラントラウトは、10月24日の時点で雄の成熟個体が確認されたが、雌の成熟個体は認められなかった。11月24日になると、ブラントラウト雌の成熟個体が2個体確認された。成熟見込みの個体も含めると、紋別川におけるブラントラウトの最小成熟尾叉長（および最低年齢）は、雄14.4cm（1+）、雌24.5cm（2+）であった。アメマスは10月24日の時点で雌雄ともに成熟個体が確認された。

ママチ川におけるブラントラウトとアメマスの年齢、尾叉長および性成熟の関係を図4に示した。ブラントラウトは、10月28日および11月24日の時点で雄の成熟個

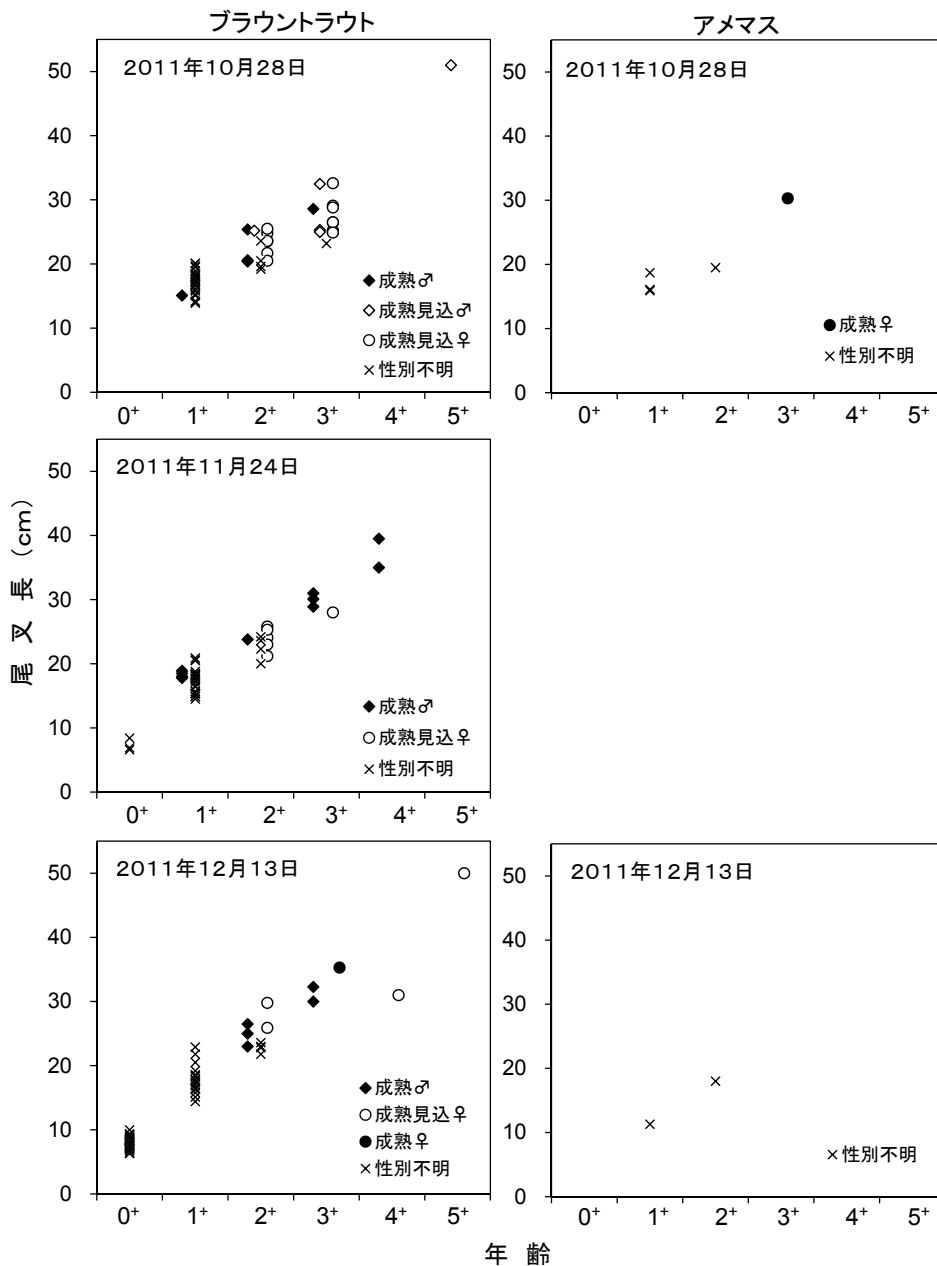


図4 ママチ川におけるブラントラウトとアメマスの成熟年齢と尾叉長

体が確認されたが、雌の成熟個体は認められなかった。12月13日の調査では、ブラウントラウト雌の成熟個体が1個体確認された。成熟見込みの個体も含めると、ママチ川におけるブラウントラウトの最小成熟尾叉長（および最低年齢）は、雄15.1cm (1+), 雌20.5cm (2+)であった。アメマスは10月28日の時点で雌の成熟個体1尾が確認された。

濁川におけるブラウントラウトとアメマスの年齢、尾叉長および性成熟の関係を図5に示した。ブラウントラウトは、10月20日の時点で雌雄ともに成熟個体は確認されなかったが、11月30日の調査では雌雄ともに成熟個体が確認され、翌年2月20日には成熟雌と産卵後雌が確認された。成熟見込みの個体も含めると、濁川におけるブラ

ウントラウトの最小成熟尾叉長（および最低年齢）は、雄25.4cm (2+), 雌29.0cm (3+)であり、他の河川と比べて雌雄ともに1歳高年齢で約10cm大型であった。アメマスは10月20日に雄の成熟個体と雌の産卵後の個体が確認された。

頃内川におけるブラウントラウトとアメマスの年齢、尾叉長および性成熟の関係を図6に示した。ブラウントラウトは、10月21日の時点で雄の成熟個体が確認されたが、雌の成熟個体は認められなかった。11月29日になると、ブラウントラウト雌の成熟個体が1個体確認された。成熟見込みの個体も含めると、頃内川におけるブラウントラウトの最小成熟尾叉長（および最低年齢）は、雄15.3cm (1+), 雌19.2cm (2+)であった。アメマスは

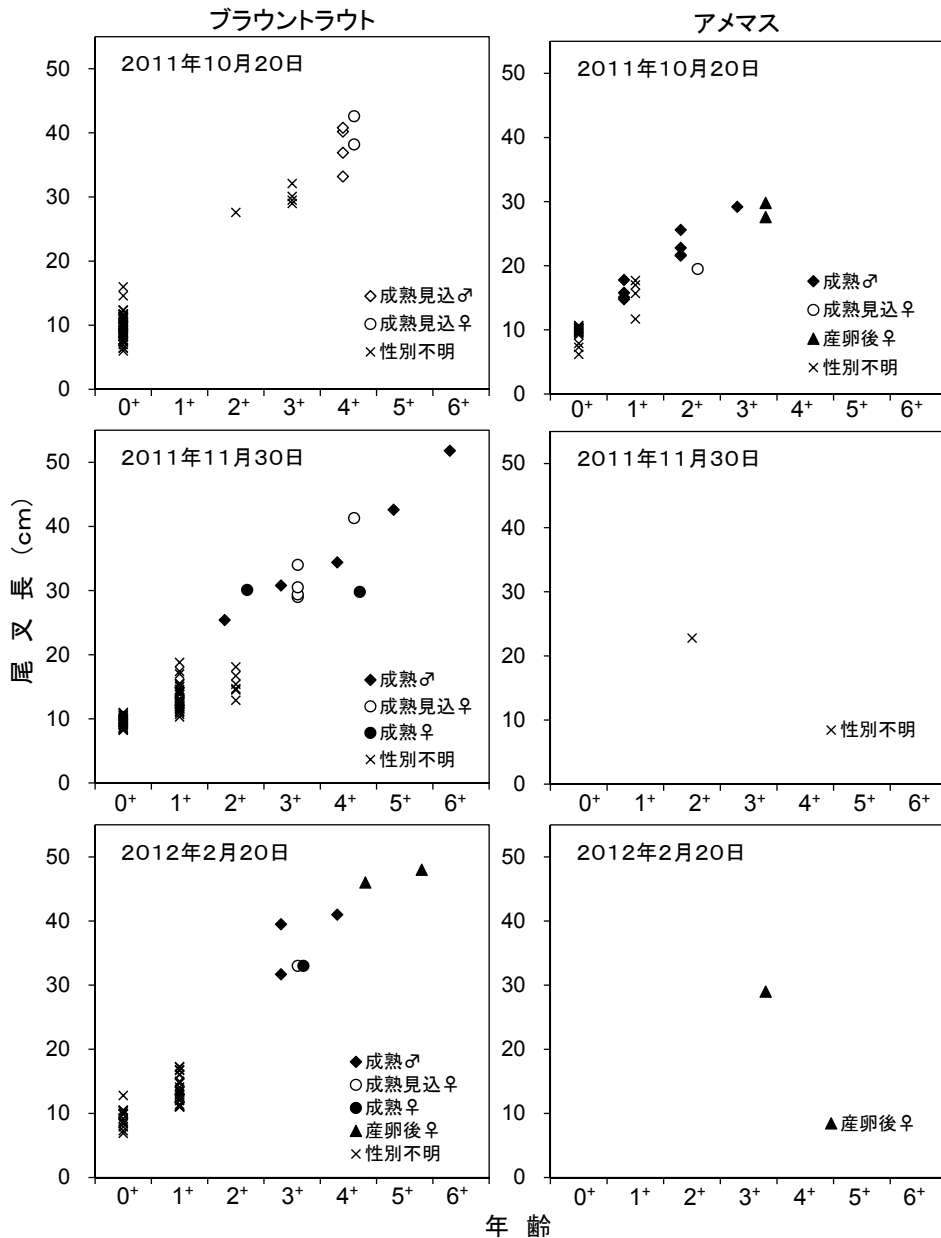


図5 濁川におけるブラウントラウトとアメマスの成熟年齢と尾叉長

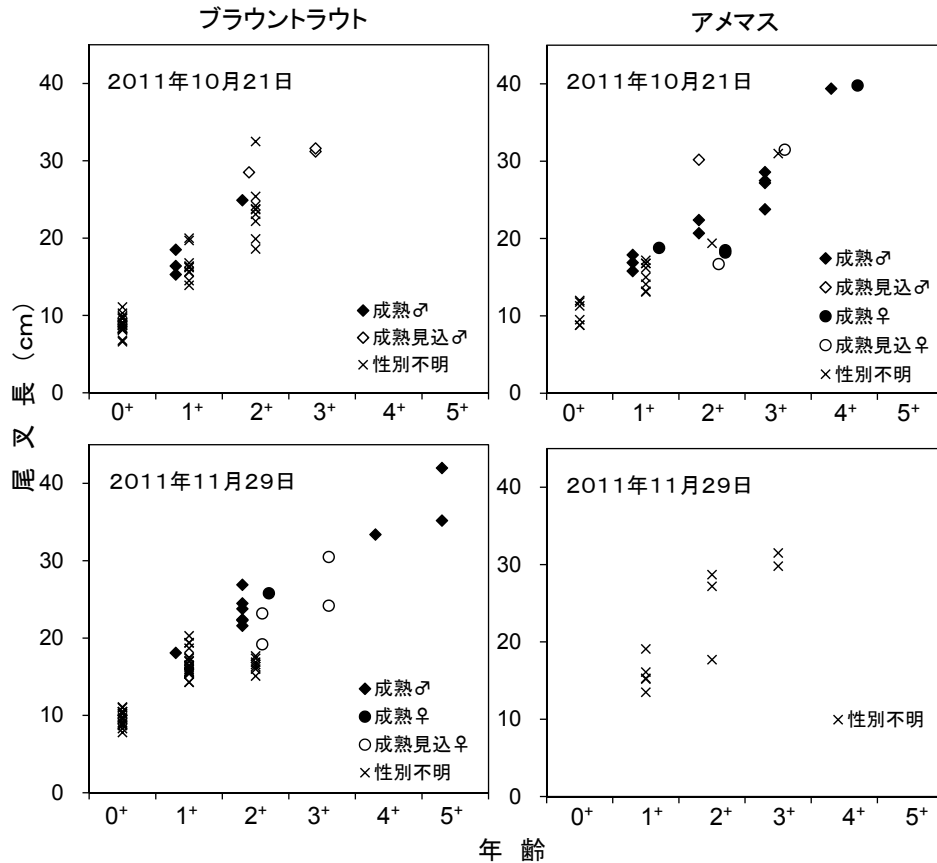


図6 頃内川におけるブラントラウトとアメマスの成熟年齢と尾叉長

10月21日の時点で雌雄ともに成熟個体が確認された。

考 察

北海道ではこれまでに静狩川と千歳川水系でブラントラウトの年齢と体サイズとの関係が報告されている(北海道立水産孵化場, 2005; 青山ら, 2002)。これらの報告によると静狩川の3~4月時点の平均尾叉長は、1+で11.3cm, 2+で16.7cm, 3+で28.2cm, 4+で29.1cm, 5+で34.3cmとされ、また千歳川水系の4~5月時点の平均尾叉長は、1+で9.1cm, 2+で19.4cm, 3+で26.4cm, 4+で30.6cm, 5+で38.4cm, 6+で59.9cmとされている。一方、本研究の結果によると、全河川の測定値から求めた4月時点の尾叉長は、1+で12.4cm, 2+で20.8cm, 3+で28.4cm, 4+で35.4cm, 5+で41.8cm, 6+で47.6cm, 7+で53.0cmであった。これらの値と比べると静狩川と千歳川水系の各年齢における体サイズは全般的に小型である。ただし、本研究の結果を河川毎にみると、全河川による成長曲線と比べて豊畑川では全般的に高成長、頃内川や紋別川では低成長であり、その他の河川も特定の年齢で大型であったり小型であったりするなど河川毎に特徴が見られた。前述の既往知見も考慮すると北海道のブラウ

ントラウトは河川によって成長に違いがあると考えられる。この背景として、河川による水温や餌条件の違いやブラントラウトや競合種の生息密度の違いなどが想定されるが、本研究では成長差の原因の解明までは至らなかった。

豊畑川、ママチ川、昆布川および濁川では大型の個体が採捕されたことにより、成長曲線が直線状になり最大到達尾叉長が過大な値を示した。ブラントラウトは降海すると成長が良くなることが知られ、例えば、北海道の厚田川で採捕された降海個体は2+の9月の時点で尾叉長37.5cmに達していたと報告されている(青山ら, 2002; Arai *et al.*, 2002)。本研究で大型個体が採捕された河川のうち、豊畑川、ママチ川および昆布川の調査地点は河川と海洋とを行き来できる場所に位置することから、大型個体の中には降海個体が含まれている可能性が考えられる。

一方、濁川の調査地点は遡上不可能な河川工作物よりも上流に位置することから降海個体が調査地点まで遡上してきたとは考え難い。濁川では尾叉長40cmを超える個体が14個体採捕され、最大の個体は尾叉長62.0cmであった。このことは、一生を河川内で生活する個体であっても、河川によっては大型に成長する場合があることを



示している。同様に降海することなく河川内で尾又長60cm前後に成長した個体は千歳川でも確認されている (Arai *et al.*, 2002)。ブラウントラウトは体サイズの大きな個体ほど魚食性が高くなる傾向があることから (北海道立水産孵化場, 2011), 河川内で大型化した個体は、成長する過程で多くの在来魚を捕食している可能性があり河川魚類群集に大きな影響を及ぼしているかもしれない。

本研究では4河川でブラウントラウトの成熟年齢と成熟尾又長および成熟時期に関する資料が得られた。最低成熟年齢と最小成熟尾又長は雌雄や河川による違いが見られ、紋別川、ママチ川および頃内川では雄で1+, 雌で2+であったのに対し、濁川では雌雄ともに1歳高齢で他河川よりも雌雄ともに約10cm大きかった。サケ科魚類の性成熟は成長との関連性が認められる場合もあるが (玉手・山本, 2004), 濁川における3+までの成長を他の3河川と比べると、頃内川よりは高成長であるものの紋別川とママチ川と比べると顕著な違いがあるわけではない (図2)。サケ科魚類では性成熟に遺伝的な影響が関係する場合もあることから (玉手・山本, 2004), 成熟年齢の河川差の解明にはさらに詳しい研究が必要である。

成熟個体の出現状況から、紋別川と頃内川では10月下旬にブラウントラウト雄の成熟が始まり、産卵は11月下旬以降に始まるものと推測される。一方、ママチ川では10月下旬に雄の成熟が始まるものの、成熟雌の出現状況から産卵期は12月中旬以降と推測される。また濁川では雌雄ともに11月下旬と2月下旬に成熟個体が確認されたことから、この期間が産卵期であると考えられる。既存の知見によると、支笏湖に流入する美笛川におけるブラウントラウトの産卵時期について佐川ら (2000) は12月中旬から1月上旬と報告している。今回、各河川で確認された成熟個体は数個体と少ない場合もあるため明言することは難しいが、本道のブラウントラウトは雌雄や河川により成熟の開始時期が異なる可能性があると考えられる。

ブラウントラウトはアメマスと交雑することが知られ、遺伝学的研究によると北海道で採捕された交雑個体は、アメマスの雌とブラウントラウトの雄の交雑によるものと報告されている (Kitano *et al.*, 2009)。本研究では、紋別川と頃内川では10月下旬に雌雄ともにアメマスの成熟個体が確認され、ママチ川では10月下旬に雌の成熟個体が確認された。これらの河川では、10月下旬にブラウントラウト雄の成熟個体が確認されていることから、10月下旬にアメマス雌とブラウントラウト雄との間で交雑が起きる可能性がある。実際、頃内川では外観から両種の交雑魚と推定される個体が採捕されている (下田,

2012)。一方、濁川では10月下旬にアメマスの雄の成熟個体と雌の産卵後の個体が確認されたが、ブラウントラウトの成熟個体が確認されたのは雌雄ともに11月下旬以降であった。濁川ではこれまでに両種の交雑個体が確認されたことは無いが、両種の成熟時期が重複していないことが一因かもしれない。

本研究により北海道のブラウントラウトは、河川によって成長に違いがあり、成熟年齢や成熟サイズ、成熟時期も河川により異なる場合があることがわかった。このことは、個体群によって再生産関係に違いがあることを示唆し、駆除効果を予測するには河川毎に個体群モデルを構築する必要があると考えられる。北海道のブラウントラウトの駆除対策を効率的に進めるには、こうした個体群モデルをもとに複数の駆除方策の効果を予測し、在来の魚類群集や漁業資源へ及ぼす影響の大きさ、さらには費用対効果も鑑みて、完全駆除を目指すのか個体数の抑制に止めるか判断する必要がある。

## 謝 辞

本研究の実施にあたり、一般社団法人渡島管内さけ・ます増殖事業協会および一般社団法人日高管内さけ・ます増殖事業協会の職員の皆様に多大なご協力を頂きました。ここに記して厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- 青山智哉, ブラウントラウト. 「新 北のさかなたち (上 田吉幸・前田圭司・嶋田宏・鷹見達也編)」北海道新聞社, 札幌. 2003; 112-115.
- 青山智哉, 鷹見達也, 下田和孝, 小山達也. 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. 北海道立水産孵化場研報 2002; 56: 115-123.
- Arai T, Kotake A, Aoyama T, Hayano H, Miyazaki N. Identifying sea-run brown trout, *Salmo trutta*, using Sr:Ca ratios of otolith. *Ichthyol. Res.* 2002; 49:380-383.
- Kitano S, Hasegawa K, Maekawa K. Evidence for interspecific hybridization between native white-spotted charr *Salvelinus leucomaenis* and non-native brown trout *Salmo trutta* on Hokkaido Island, Japan. *J. Fish Biol.* 2009;74:467-473.
- 北海道立水産孵化場. 内水面外来魚実態調査. 「平成15年度事業成績書」, 恵庭. 2005; 126-136.
- 北海道立水産孵化場. 内水面外来魚実態調査. 「平成21年度事業成績書」, 恵庭. 2011; 74-77.
- 岩崎雄一, 秋田鉄也, 加茂将史. ブルーギル (*Lepomis*

*macrochirus*) の個体群モデルを用いた駆除対策への示唆. 応用生態工学2012; 15: 207-212.

村上興正・鷺谷いづみ. 世界の侵略的外来種ワースト100. 「外来種ハンドブック (日本生態学会編)」 地人書館, 東京. 2002; 364-365.

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. 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の自然繁殖に関する一知見. かばっちえぶ2000; 11: 56-60.

下田和孝. 北海道における外来魚問題 - 外来サケ科魚

類-. 日水誌2012; 78: 754-757.

鷹見達也, 青山智哉. 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1999; 4: 41-48.

玉手剛, 山本祥一郎. サケ科魚類における二つの生活史～生活史分岐と生活史多型に関する進化現象について～. 「サケマスの生態と進化 (前川光司編)」 文一総合出版, 東京. 2004; 43-69.

米川年三. 北海道にブラウントラウト出現. 魚と水1981; 19: 43-44.

付表 1 各河川のブラウントラウトの平均尾叉長 (cm), 標準偏差, 最小個体, 最大個体およびサンプル数

河川	調査年月日		年齢								
			0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	
豊畑川	2012.7.30	平均値	7.6		21.0						
		標準偏差	0.8		1.8						
		最小個体	5.9		19.2						
		最大個体	8.8		22.7						
		サンプル数	18		2						
	2013.1.16	平均値	11.4	26.1	38.2						
		標準偏差	1.7	5.6	2.2						
		最小個体	8.2	18.2	35.1						
		最大個体	15.2	33.9	39.8						
		サンプル数	41	4	3						
	2013.4.25	平均値		11.1							
		標準偏差		0.9							
		最小個体		10.0							
		最大個体		12.1							
		サンプル数		5							
	2013.5.1	平均値		11.4					65.2		
		標準偏差		1.9							
		最小個体		7.9							
		最大個体		14.2							
		サンプル数		11					1		
2013.7.29	平均値	5.7	22.1								
	標準偏差	0.6	1.1								
	最小個体	4.6	20.9								
	最大個体	7.8	23.5								
	サンプル数	34	3								
2014.1.24	平均値	12.5	25.5	33.3							
	標準偏差	1.8	3.5								
	最小個体	9.5	21.8								
	最大個体	17.1	29.7								
	サンプル数	26	4	1							
2014.2.25	平均値	12.9									
	標準偏差	2.4									
	最小個体	10.6									
	最大個体	18.3									
	サンプル数	10									
紋別川	2011.9.12	平均値	7.7	17.4	24.6	29.6	34.9				
		標準偏差	1.1	2.3	2.4	2.5	2.1				
		最小個体	4.3	12.3	20.6	25.7	31.9				
		最大個体	10.0	21.9	30.6	35.6	37.4				
		サンプル数	103	31	22	13	5				
	2011.10.24	平均値	8.8	17.0	24.4	29.5	34.6				
		標準偏差	1.0	1.8	1.2	1.2	1.6				
		最小個体	7.4	12.5	22.3	27.5	33.0				
		最大個体	10.7	19.8	26.3	30.8	36.2				
		サンプル数	10	27	13	8	2				
	2011.11.24	平均値	10.0	17.6	23.4	28.7	33.8		46.5		
		標準偏差	1.1	1.7	2.8	3.6	4.0				
		最小個体	8.4	15.4	18.4	24.6	29.1				
		最大個体	11.4	20.6	26.3	38.0	38.9				
		サンプル数	6	15	5	9	3		1		
ママチ川	2011.8.1	平均値	4.8	13.8	20.9	26.0	35.5				
		標準偏差	0.8	2.0	2.0	2.8					
		最小個体	3.2	9.6	17.1	21.6					
		最大個体	6.5	19.3	25.7	30.8					
		サンプル数	137	66	25	23	1				
	2011.10.28	平均値	8.6	17.1	22.4	27.2		51.0			
		標準偏差		1.7	2.2	2.8					
		最小個体		13.9	19.2	23.2					
		最大個体		20.1	25.5	32.6					
		サンプル数	1	32	14	13		1			
2011.11.24	平均値	7.3	17.4	23.3	29.5	37.3					
	標準偏差	0.8	1.7	1.7	1.1	2.3					
	最小個体	6.6	14.5	20.0	28.0	35.0					
	最大個体	8.4	20.9	25.8	31.0	39.5					
	サンプル数	3	30	10	4	2					
2011.12.13	平均値	7.9	17.8	24.6	32.5	31.0	50.0				
	標準偏差	0.8	2.1	2.3							
	最小個体	6.3	14.4	21.8	30.0						
	最大個体	10.0	22.9	29.8	35.3						
	サンプル数	48	19	9	3	1	1				

付表1 (続き) 各河川のブラウントラウトの平均尾叉長(cm), 標準偏差, 最小個体, 最大個体およびサンプル数

河川	調査年月日		年齢							
			0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+
昆布川	2012.8.1	平均値	5.5	14.8	19.4	27.5	26.5	46.0		
		標準偏差	0.7	1.8	2.4	0.4				
	8.2	最小個体	4.1	12.5	16.7	27.0				
		最大個体	7.2	17.7	23.2	27.9				
		サンプル数	69	14	4	2	1	1		
濁川	2011.6.16	平均値		15.8			40.2	41.0	62.0	
		標準偏差		0.7						
	2011.10.20	最小個体		15.1						
		最大個体		16.5						
		サンプル数		2			1	1	1	
鳥崎川	2011.11.30	平均値	9.8	13.3	18.5	30.2	38.7			
		標準偏差	1.9	1.9	5.7	1.8	4.7			
	2012.2.20	最小個体	6.0	10.3	12.9	29.0	29.8			
		最大個体	16.0	18.8	30.1	34.0	41.3			
		サンプル数	56	38	8	5	3	1	1	
森川	2011.8.26	平均値	9.3	13.5		34.3	43.5	48.0		
		標準偏差	1.4	1.9		3.0	2.5			
	2012.8.29	最小個体	6.9	11.0		31.7	41.0			
		最大個体	12.8	17.3		39.5	46.0			
		サンプル数	16	30		4	2	1		
茅部中の川	2011.6.15	平均値	2.9	13.4	19.8	29.8	40.2	38.2		
		標準偏差	0.1	1.2	2.4	3.1	3.3			
	6.17	最小個体	2.8	11.0	13.5	24.6	35.0			
		最大個体	3.0	16.1	25.0	35.1	44.2			
		サンプル数	2	42	25	7	4	1		
茅部中の川	2011.8.26	平均値	7.2	18.6	26.4	32.3	43.3			
		標準偏差	1.0	1.8	2.2	2.7	2.9			
	2012.6.18	最小個体	4.4	15.6	22.0	29.9	39.8			
		最大個体	9.2	22.4	29.5	36.8	47.0			
		サンプル数	37	19	10	5	3			
茅部中の川	2012.7.23	平均値		13.5	26.1	29.6	34.0	42.0		
		標準偏差		1.9	0.8	4.4	2.0			
	2012.8.30	最小個体		10.8	25.0	23.7	31.5			
		最大個体		16.5	26.9	36.0	37.0			
		サンプル数		25	3	4	4	1		
茅部中の川	2012.7.23	平均値	4.7	14.6	23.5	27.1	33.0	42.5		
		標準偏差	0.4	1.5	1.8	3.3	3.2	4.8		
	2012.8.30	最小個体	4.0	10.7	21.7	22.5	30.0	33.6		
		最大個体	5.7	18.8	26.0	30.3	37.5	48.7		
		サンプル数	18	48	4	3	3	7		
茅部中の川	2012.8.29	平均値	7.4	15.9	19.7					
		標準偏差	0.5	1.7	0.6					
	2012.12.18	最小個体	6.5	12.0	18.8					
		最大個体	8.3	17.7	20.2					
		サンプル数	11	15	3					
茅部中の川	2012.8.30	平均値	10.1	19.2	21.2	25.0	22.6			
		標準偏差	1.4	2.1	2.1		0.3			
	2012.8.30	最小個体	7.3	14.8	17.9		22.3			
		最大個体	11.7	23.2	23.3		22.8			
		サンプル数	10	11	4	1	2			

付表1 (続き) 各河川のブラウントラウトの平均尾叉長(cm), 標準偏差, 最小個体, 最大個体およびサンプル数

河川	調査年月日		年齢								
			0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	
戸切地川	2011.6.16	平均値	3.9	15.6	27.6	38.9					
		標準偏差	0.7	1.5	4.8	3.8					
		最小個体	3.1	12.4	19.2	33.8					
		最大個体	5.0	18.7	36.0	44.0					
		サンプル数	11	40	16	5					
	2011.8.25	平均値	7.6	19.9	29.1	38.6					
		標準偏差	0.9	2.2	1.3	3.5					
		最小個体	5.5	15.9	26.4	34.5					
		最大個体	9.0	24.3	30.8	43.6					
		サンプル数	25	25	7	4					
	2012.5.29	平均値		14.1	24.6						
		標準偏差		2.3	1.4						
		最小個体		10.2	22.5						
		最大個体		19.8	26.5						
		サンプル数		31	4						
	2012.6.19	平均値		14.9	20.4	30.2	31.6				
		標準偏差		1.9	4.2	3.7	2.5				
		最小個体		11.5	16.5	24.3	28.7				
		最大個体		21.0	26.2	35.0	36.5				
		サンプル数		76	3	8	7				
2012.12.19	平均値		13.5	24.2	30.9	36.4					
	標準偏差		2.0	2.3	7.6	5.0					
	最小個体		11.5	21.2	21.9	27.9					
	最大個体		15.5	27.5	46.2	43.7					
	サンプル数		2	8	11	7					
頃内川	2011.7.27	平均値	5.8	15.1	21.2	30.4	41.2				
		標準偏差	0.7	1.7	2.6	1.8	2.6				
		最小個体	4.0	10.7	17.0	27.9	37.0				
		最大個体	7.3	18.9	26.2	33.7	43.6				
		サンプル数	97	122	23	12	4				
	2011.10.21	平均値	8.8	16.6	24.3	31.4					
		標準偏差	1.0	1.8	3.6	0.2					
		最小個体	6.6	13.9	18.6	31.2					
		最大個体	11.1	20.0	32.5	31.6					
		サンプル数	20	13	11	2					
	2011.11.29	平均値	9.6	16.6	20.4	27.4	33.4	38.6			
		標準偏差	0.9	1.5	3.8	3.1		3.4			
		最小個体	7.8	14.3	15.1	24.2		35.2			
		最大個体	11.1	20.3	26.9	30.5		42.0			
		サンプル数	16	25	16	2	1	2			
	2012.2.21	平均値	8.3	17.5	25.0	27.3					
		標準偏差	0.0	1.3	5.1						
		最小個体	8.2	15.0	19.9						
		最大個体	8.3	18.7	30.0						
		サンプル数	2	5	2	1					
2012.6.27	平均値		13.4	22.8	25.8	31.0	48.0				
	標準偏差		1.5	1.9	5.6	1.0					
	最小個体		10.0	20.8	20.3	30.0					
	最大個体		16.5	26.0	36.2	32.0					
	サンプル数		34	7	5	2	1				
2012.7.24	平均値	5.5	13.8	21.6	25.8	33.6		43.0			
	標準偏差	0.3	1.6	2.4	2.5	2.2					
	最小個体	5.0	9.5	17.5	22.5	30.0					
	最大個体	6.0	17.5	26.0	29.5	36.9					
	サンプル数	14	134	19	8	6		1			
2012.8.31	平均値	6.9	14.1	21.0	24.9	35.4	36.3			44.5	
	標準偏差	0.7	1.8	2.6	2.0	6.2	2.8				
	最小個体	5.0	10.0	16.1	22.3	28.0	33.5				
	最大個体	8.0	18.0	26.5	28.0	48.0	39.0				
	サンプル数	30	108	23	11	7	2			1	
2012.12.20	平均値	9.1	15.9	21.7	32.4	39.4					
	標準偏差	0.7	1.8	4.3	5.3	4.9					
	最小個体	8.3	11.3	16.3	26.9	33.1					
	最大個体	11.1	21.0	36.0	41.5	45.0					
	サンプル数	15	47	20	8	3					