



Title	イトウの河川内分布様式
Author(s)	佐川, 志朗; SAGAWA, Shirou
Citation	北海道大学 演習林研究報告, 63(2), 47-60
Issue Date	2006-09
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21494
Type	departmental bulletin paper
File Information	63(2)_P47-60.pdf



イトウの河川内分布様式

佐川 志朗

Distribution patterns of Sakhalin taimen in the drainage system

by

Shirou SAGAWA¹

要 旨

本研究は、河川生態系の頂点に立つ日本最大の淡水魚であるイトウを題材とし、河川内利用様式を解明し、保全対策を提言することを目的とした。イトウの全成長段階は水系を広域に利用し、成魚は河川中流から下流域の4次水流に生息し、早春季には産卵域となる上流域との間での河川内回遊を行っていることが示唆された。稚魚は上流域で初夏に浮上した後、産卵域に残留定着する個体と浮上後すぐに本川の河口域まで降下する個体が存在した。イトウ保全に向けた河川管理のためには、水系内全体における河川工作物及びイトウ生息場所環境に関する影響評価を実施し、事業者、研究者および地域が三位一体となった順応的管理が必要であることを指摘した。

キーワード：移動経路保全、イトウ、河川管理、流域、生活史特性

I はじめに

イトウは日本最大の淡水魚であり、最大体長は1.5 mを越え、体重は60kgに達する (Holcik *et al.* 1988)。日本では、北海道のみに生息し (木村 1966; 稗田 1984)、主要な生息地は道北、道東および道央の一部の河川に限定される (木村 1966; 稗田 1984; 小宮山 1997)。本種は生息数の減少により、かねてから保護施策の必要性が求められており (山代 1978; 小宮山 1996, 1997; 福島 1998)、近年では、我が国のみならず (北海道 2001; 環境省 2003)、世界的にも最も絶滅の恐れの高い種 (絶滅危惧 1 A 類 (Critically Endangered)) に指定された (IUCN 2006)。しかし、本種の生態学的知見は乏しく、産卵生態については研究が進んでいるものの (北海道立水産孵化場 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1994, 1995; Fukushima 1994, 2001; 中尾ほか 1995; 森ほか 1997; Edo *et al.* 2000)、それ以外については不明な点が多く、水系全体を通じた生活史は明らかにされていない。イトウは春季に河川の上流域まで産卵遡上した後、産卵後も死なずに数年産卵遡上を繰り返す多回産卵型の生活様式をとる (福島 1998)。しかし、産卵後から翌年春の産卵遡上期までの成魚の生息場所と考えられている河川中流域から下流部についての知見は存在せず、汽水湖および海域における断片的な捕獲記録があるにすぎない (川村ほか 1983; 小宮山 1997; Edo *et al.* 2005)。一方、稚魚の生息場所に関する知見としては、北海道立水産孵化場 (1996) および江戸 (2002) が知られているが、本知見は調査河川が人工ダムで隔離された急勾配山地溪流であることから、イトウの主要な生息域である道北地域の河床勾配が小さい緩勾配丘陵地河川とは、河川環境の面で大きな隔りがある。そこで本論では、今まで調査が実施されてこなかった緩勾配丘陵地河川の中流域から下流部を含んだ水系全体における成長段階別のイトウの分布様式および回遊パターンを明らかにし、イトウ保全のための提言を行うことを目的とした。

これまでの研究では、河川工作物がイトウの移動に与える影響についての知見はみられず、保全事例についても成魚の産卵遡上を容易にするために、ボックスカルバートに切りかきを設けた報告 (小野 1993) や、床固工の落差部を削って斜路を設けた報告 (河口 2004) が存在する程度である。一方、イトウ以外の魚類では、河川横断工作物が移動に与える影響は多く報告されている。遡上阻害としては、海外における貯水

ダムに関する事例が存在し、アマゾン川ではナマズ目魚類 (Barthem *et al.* 1991)、長江やオビ川ではチョウザメ目魚類 (Wei *et al.* 1997; Ruban 1997) についての報告がある。また、オーストラリアの Tallowa ダムでは、垂直壁を遡上可能な吸盤を有する回遊魚や両側回遊魚、降下回遊魚が遡上を阻害され、ダム直下に溜まる現象が確認されている (Gehrke *et al.* 2002)。我が国では北海道における砂防ダムや床固工に関する研究が報告されており、カラフトマス (*Oncorhynchus gorbuscha*) やサクラマス (*O. masou*) 等の海域からの遡上親魚 (下田ほか 1993)、サクラマス幼魚 (ヤマメ) やエゾウグイ (*Tribolodon ezoe*)、ウグイ (*Tribolodon hakonensis*) といった河川内生活期の遊泳魚 (中野ほか 1995) の他、カンキョウカジカ (*Cottus hangiongensis*)、エゾハナカジカ (*Cottus amblystomopsis*)、ウキゴリ (*Chaenogobius urotaenia*) 等の底生性の両側回遊魚 (下田ほか 1993) についての遡上阻害が報告されている。一方、降下阻害としては、貯水ダムにおける受精卵や仔魚の報告 (Barthem *et al.* 1991) や、サケ稚魚 (*O. keta*) (小林・佐々木 1965) やアユ (*Plecoglossus altivelis altivelis*) (関谷ほか 2002) の用水取水口への迷入が知られている。

以上の降下・遡上阻害により、工作物の上流および下流に隔離された個体群は様々な影響を受ける。隔離個体群に対する最も致命的な影響は、個体群の絶滅 (Beamish & Northcote 1989; Nehlsen *et al.* 1991; Winston *et al.* 1991; Luttrell *et al.* 1999) である。我が国では、個体群絶滅についての事実報告はみあたらないが、北海道の砂防ダム上流に隔離されたアメマス (*Salvelinus leucomaenis*) の個体群サイズ、生息場所サイズ、およびダム構築年を用いた個体群存続可能性分析により、ダム上流域の生息場所が狭く、砂防ダム構築後の隔離時間が長くなるほど絶滅確率が高くなることが推定されている (Morita & Yamamoto 2002; Morita & Yokota 2002)。その他の影響としては、個体群の逼迫 (Wei *et al.* 1997; Schaller *et al.* 1999)、生活史変化 (Nakano *et al.* 1990; 山本ほか 1992; Morita *et al.* 2000; 下田ほか 2002)、形態形質の変化 (Morita & Suzuki 1999)、遺伝的変質 (Lusková *et al.* 1997; Nielsen *et al.* 1997; Laroche *et al.* 1999; Matsuura *et al.* 2001; Morita & Yamamoto 2001; Yamamoto *et al.* 2004)、群集構造の変化 (水野 1963; 水野ほか 1964ab; 水野・名越 1964; Zhong & Power 1996; Gehrke *et al.* 1999; Joy & Death 2001; Gehrke *et al.*

2002) 等が報告されている。河川工作物の存在は、生活史の中で河川内移動を行うイトウにも前述したような悪影響を及ぼすことが推察される。従って、イトウを保全するためには河川内分布様式および回遊パターンの詳細を明らかにする必要がある。

II 材料と方法

1) 調査地

北海道北部の一流域を研究対象流域とした。本論ではイトウの生息場所保全に資するため、河川名の記載は控えることとした(以下、A水系と記す)。この地域の地質特性としては、両流域とも本流筋には沖積世の未固結堆積物である礫・砂・粘土地帯が分布しており、台地および丘陵地が分布している(国土庁土地局 1979)。主な潜在植生は針広混交林であるが、現在、中・下流域には牧草地、チシマザサ(*Sasa kurilensis*)、クマイザサ(*S. senanensis*)群落およびヨシ(*Phragmites australis*)群落が優占してみられ、河道沿いにはヤナギ(*Salix* spp.)低木林が成立している。一方、上流域には針広混交林が広がっており、河道沿いにはハルニレ(*Ulmus japonica*)群落およびハンノキ(*Alnus* sp.)群落が成立している。本研究では、現河道および旧河道を考慮して計17の河道区間(以下、調査地と記す)を設定した(表1)。一般的に水系網の表現には、流域の源頭河川を1次水流と表し、1次水流どうしが合流すると2次水流、2次水流どうしが合流すると3次水流とするStrahler(1957)の方式が用いられる。この方式を用いると現河道の調査地は、1次から4次水流および排水路に区分される(以下、調査地タイプと記す、表1)。

調査地には源頭河川である1次水流も含まれるものの、調査地のほとんどは河床勾配が0.1%未満の緩勾配河川となっており、河川形態(可児 1944)はBc型を呈し、河床材料は粘土・砂で構成される。また、水質的な環境も類似しており、CODおよび電気伝導度ではある調査地で突出した値がみられるものの、調査地タイプ間での顕著な違いはみられない(表1)。

1次水流である1st1は河口から約9kmに位置し、Bc型の河川形態を呈する。河道周辺にはヤナギ類およびヤチダモ(*Fraxinus mandshurica* var. *japonica*)からなる河畔林が成立しており、植物による河道の被覆率(鬱閉度)は88.9%と高い。河岸にはスゲ類(*Carex* sp.)およびミズバショウ(*Lysichiton camtschaticense*)が生育しており、湿地的環境を呈している。

河道中央部の流れは10cm/secと穏やかで、河床材料は粘土および砂が卓越する。

2次水流である2nd1は河口から約11kmに位置し、Aa-Bb移行型の河川形態を呈する。河道周辺にはヤナギ類およびケヤマハンノキからなる河畔林が成立しており、鬱閉度は1st1と同様に88.3%と高い。河道中央部の流れは50cm/sec程度、河床材料は小礫が卓越し、調査河川の中では唯一、山地溪流的な環境を有している。2nd2および2nd3は直線河道を呈しており、河口から約8kmおよび6kmに位置する。BC型の河川形態を示す。河道周辺には河畔林は成立せずオオイトドリ(*Reynoutria sachalinensis*)やオオヨモギ(*Artemisia montana*)からなる雑草群落が発達しているため、鬱閉度は33.1-52.8%と低い。水際部にはスゲ類やクサヨシ(*Phalaris arundinacea*)が生育する。

3rd1および3rd2はいずれも3次水流のBc型の河川形態を呈する調査地であるが、環境特性は大きく異なる。前者は河口から約17kmに位置し、河床勾配が0.2%と調査地内では最大である。調査地にはBb型の河道区間もみられる。周辺には針広混交林が分布し、河道の鬱閉度が87.5%と高い。後者は河口から約2kmに位置し、河道周辺にはヨシからなる低層湿原が分布する。河畔林は存在せず、河道の鬱閉度は34.7%と低い。

4th1-5は中流から下流域に設定された河口から11-0.5kmに位置する調査地であり、すべてが4次水流に該当する。河川形態はBc型であり、瀬淵の区分が不明瞭である。河畔林は成立しないか(4th4,5)、存在しても河岸の一部に限られるため(4th1-3)、鬱閉度が13.9-44.3%と低い。

DRは本流に注ぐ水面幅1.4mの小排水路であり、河口から2kmに位置する。本流合流点から50m上流には樋管が設けられており、その上流は道路側溝へと連続している。河道周辺にはスゲ類およびクサヨシが繁茂しており、河畔林は成立しないが鬱閉度は86.1%と高い。

連続旧河道であるCOL1-3は、河道幅が19-27.5mであり、河道周辺にはヨシおよびクサヨシからなる雑草草原が成立している。COL3には現河道との接続部にコルゲートパイプおよび樋管が敷設されているが、魚類の移動を阻害するような落差は存在しない。

不連続旧河道であるNOL1-2は、河道幅が16-32mであり、河道周辺にはヨシおよびクサヨシからなる雑草草原が分布している。NOL1の最大水深が90cmに対

表1. A川流域における17の調査地の環境

Table 1. General characteristics of the seventeen study reaches of the A River Basin.

Variable	Stream											Oxbow lake					
	1st order		2nd order		3rd order		4th order					Drainage	connected			Non-connected	
	1st1	2nd1	2nd2	2nd3	3rd1	3rd2	4th1	4th2	4th3	4th4	4th5	DR	COL1	COL2	COL3	NOL1	NOL2
Distance from the sea (m)	8967	10615	7750	5717	16870	1792	10550	6767	5350	3042	483	1942	5650	4608	2733	6542	3650
Bed slope (%)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	0.07	0.05	0.04	0.03	—	—	—	—	—	—
Stream reach type ^a	Bc	Aa-Bb	Bc	Bc	Bc, Bb	Bc	Bc	Bc	Bc	Bc	Bc	Bc, Bb	Bc	—	—	—	—
Wetted width (m)	4.8	2.9	6.5	8.5	6.4	16.8	11	34.5	40	69.5	125	1.4	19	24.5	27.5	16.1	32
Maximum depth (cm)	140	48	158	40	107	350	220	250	260	330	230	63	195	93	195	90	290
Current velocity (m/sec)	0.076	0.508	0.142	0.096	0.098	0.225	0.371	0.432	0.306	0.106	0.179	0.176	0.035	0.144	0	0.16	0
Vegetative cover (%)	88.9	88.3	52.8	33.14	87.5	34.71	44.3	32.31	26.16	29.23	13.94	86.1	30.09	28.76	16.63	36.54	17.03
Riparian forest ^b	W, As	W, A	-	-	W, A, F	-	W	W, A	W, A	-	-	-	W, A	-	-	-	-
Bank vegetation ^b	S, Sc	RC, S	S, RC,	RC, S,	S	S, Rg, H	RC, S	Rg, C	Rg, B, K	Rg, S, B	Rg, S	S, RC	Rg, S, B,	Rg, RC,	Rg, B	Rg, B,	Rg, B,
			GK	Mu, Ir, Br									GK	Br, Sb, S,	GK	GK, C	GK, C
Dominant substrate	Cray, Sand	Gravel, Cray	Silt, Sand	Silt, Sand	Gravel, Cray	Sand, Silt	Cray, Silt	Sand, Silt	Sand, Gravel	Silt, Cray	Silt, Sand	Cray, Gravel	Cray, Silt	Silt, Sand	Cray, Silt	Silt, Cray	Sand, Gravel
Water quality																	
transparency (cm)	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	14	15	>30
pH	5.6	6.2	6	6	6.9	6.8	6.8	6.9	7.1	6.9	7.3	6.2	6.4	6.3	6.7	6.9	6.4
BOD (mg/l)	1	1.5	1.3	1.1	1.2	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	1.3	2.2	1	1.1	4.8	1.3
COD (mg/l)	43	14	71	110	8.8	22	29	29	17	27	20	36	46	57	29	69	58
SS (mg/l)	3	3	5	11	5	8	9	1	4	11	10	10	2	5	19	18	10
DO (mg/l)	3.7	5.9	4.9	3.2	9	8.7	6.8	8.1	8.4	8	7.9	5.9	2.8	3.5	8.8	7.8	3.5
T-N (mg/l)	1.9	1	1.4	2.2	0.63	0.89	0.84	0.93	0.52	0.57	0.66	1.4	1.3	1.4	0.7	2.9	1.4
T-P (mg/l)	0.064	0.083	0.057	0.22	0.053	0.076	0.052	0.057	0.067	0.043	0.057	0.11	0.22	0.2	0.13	1.8	0.096
EC (mS/m)	12	10	8.3	9.5	11	9.9	8.5	8.8	11	29	1600	11	14	12	74	24	7.2

^aKani (1944)

^bDominant species of vegetation; F=Fir (*Abies sachalinensis*), A=Alder (*Alnus hirsuta*), As=Ash (*Fraxinus mandshurica* var. *japonica*), W=Willow (*Salix* sp.), H=Horsetail (*Equisetum arvense*), K=Knotweed (*Persicaria thunbergii*), GK=Giant knotweed (*Reynoutria sachalinensis*), Mu=Mugwort (*Artemisia montana*), RC=Reed Canary grass (*Phalaris arundinacea*), Rg=Reed grass (*Phragmites australis*), B=Bamboo (*Sasa senanensis*), Ir=Indian rice (*Zizania latifolia*), Sc=Skunk cabbage (*Lysichiton camtschatcense*), Br=Bur reed (*Sparganium erectum* ssp. *stoloniferum*), Sb=Softstem bulrush (*Scirpus tabernaemontani*), S=Sedge (*Carex* sp.), C=Cowbane (*Cicuta virosa*).

してNOL2は290cmと深い。NOL1からは樋門を通して本流に水の流入がみられるが、本流からの魚類の侵入は不可能である。

2) 生息分布調査

イトウの捕獲は、2002年の4季、すなわち、春季(6月下旬:産卵期終了後)、夏季(8月上旬)、秋季(10月上旬)および冬季(11月中旬)に実施した。捕獲には、投網(7節500目、21節1200目)、タモ網(目合5mm、口径30cm)、さで網(目合5mm、口径70cm)およびエレクトリックショッカー(Model 12, Smith-Root Inc.)を各調査地の環境にあわせ使用し、原則として各調査地の調査員は3人とした。投網については、水面域が広大であり河岸からの投函が困難であった調査地(4th2-5、3rd2、COL1)では、船上からの投函を行った。捕獲された個体は、エアレーションを施した容器に確保しておき、魚類・甲殻類麻酔剤FA1000(田辺製薬株式会社、希釈率1/2,000)に浸し、全長の計測を行い、河川水で十分に覚醒させた後に生かして放流した。なお、容器中の捕獲個体の生息状況については常に注意を払い、衰弱が確認された場合にはその時点で放流した。

3) 物理環境調査

夏季の捕獲調査に併せて、各調査地の物理環境および水質の測定を行った。物理環境については、各調査地に1本の河川横断側線を設け、水面幅、最大水深の測定を行った。また、横断線の中央部では流速の測定および魚眼レンズを用いて全天写真の撮影を行い、写真をもとに解析ソフトHemiphoto(ter Steege 1993)で水面鬱閉度(%)を算出した。水質は、表層水を採水し実験室に持ち帰り、pH(水素イオン濃度)、BOD(生物化学的酸素要求量)、COD(化学的酸素要求量)、SS(浮遊物質質量)、DO(溶存酸素量)、T-N(全窒素)、T-P(全りん)、EC(電気伝導率)の測定を行った。

4) データ解析

イトウの捕獲数は、成長段階および季節ごとに区分すると統計的手法を用いるほどサンプル数が多くなかった。従って、調査地および調査タイプごとの各成長段階の確認状況を図表化し、分布の傾向を把握した。また、物理環境調査で得られた環境変量に河口からの距離を含めた13の環境因子とイトウの捕獲数および平

均サイズとの間でスピアマンの順位相関分析を行った。分析は物理環境調査を実施した夏季データについて実施した。

なお、イトウの成長段階の推定は、各季の全長のヒストグラムを作成し、山代(1965, 1978)および川村(1989)の知見を参照して、全長>400mmを成魚(Adult)、200-400mmを若魚(Young: >2+)、90-200mmを幼魚(Juvenile: 1+)、<90mmを稚魚(Fry: 0+)に区分した(図1)。また、捕獲個体を収容する際に、確認したものの逃避されてしまった個体について、明らかに400mm以上であった場合には成魚として計数した。

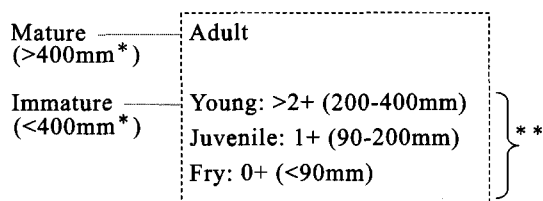


図1. イトウの成長段階区分

Fig.1. Classification of life stages of Sakahalin taimen. Dotted line: life stages in this study, *: Kawamura (1989), **: estimated life stages from frequency histogram and Yamashiro (1965, 1978).

Ⅲ 結 果

1) 各成長段階の分布様式

総計では85個体のイトウが捕獲され、計測できた個体は75個体、成長段階推定に用いることができた個体は77個体であった。6月には、幼魚、若魚および成魚の3成長段階が確認された(図2)。8月にはそれにあわせて、40-60mmの稚魚が多数出現し、稚魚は10月および11月にも継続して確認された。幼魚および成魚は4季とも生息が確認されたが、若魚は冬季には確認されなかった。

17中13の調査地においてイトウの生息が確認され、特に3次水流の3rd1において多くの個体が確認された(表2)。それ以外の調査地ではイトウの4季累積捕獲数は10個体以下であった。一方、イトウの生息が確認されなかった調査地はすべて旧河道(不連続旧河道のNOL1, 2および連続旧河道のCOL2, 3)の4調査地であった。また、残りの旧河道であるCOL1でもイトウの確認は若魚2個体に留まった。

成魚は2-4次水流の3つの調査地タイプで、若魚

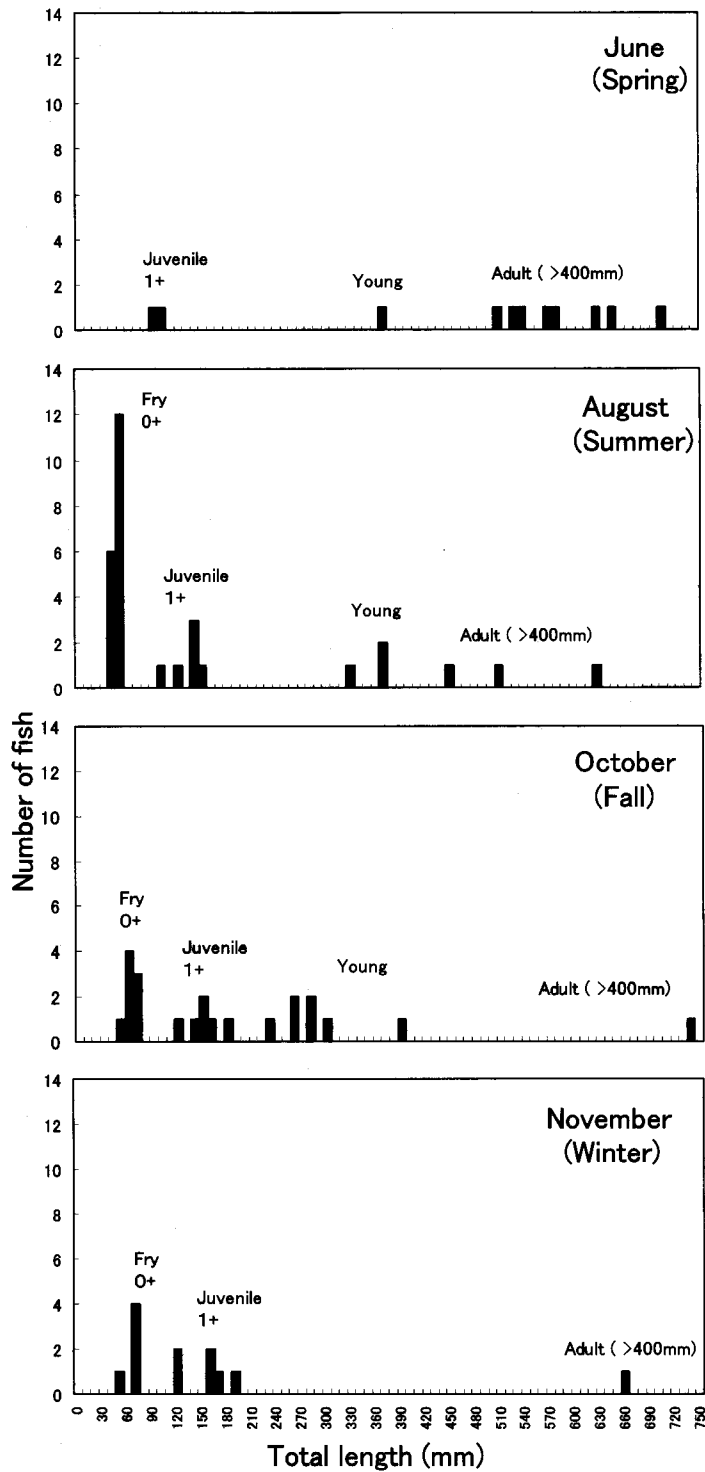


図2. イトウの全長ヒストグラムの季節変化

Fig.2. Seasonal changes in the frequency histogram for the size (total length) of Sakhalin taimen in the A River in 2002.

は1-4次水流および連続旧河道の5つの調査地タイプで、幼魚は1-4次水流および排水路の5つの調査地タイプで、稚魚は2-3次水流および排水路の3つの調査

地タイプで生息が確認された(表2、図3)。しかし、これら調査地タイプ内のイトウ成長段階の確認状況は、調査地間ではばらつきがみられ、特に全成長段階

表2. 調査地ごとの各成長段階の確認数

Table 2. Captured number of Sakhalin taimen of each life stage among study sites.

			Adult	Young	Juvenile	Fry	Total
Stream	1 st order	1st1		1	3		4
		2 nd order	2	1			3
	2 nd order	2nd2		2			2
		2nd3			7	1	8
		3 rd order	3rd1	2	3	4	18
	3 rd order	3rd2				7	7
		4 th order	4th1			1	
	4 th order	4th2	3	1	1		5
		4th3	3	1			4
		4th4	2		1		3
		4th5	3				3
	Drainage	DR			3	5	8
		Oxbow lake Connected	COL1		2		
COL2						0	
COL3						0	
Non-connected	NOL1					0	
	NOL2					0	
Total			15	11	20	31	77

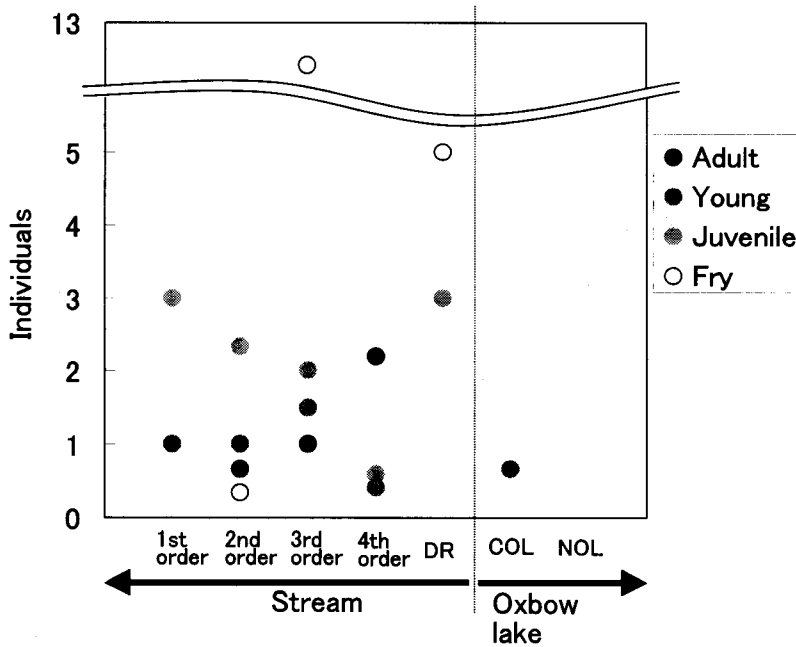


図3. 調査地タイプごとのイトウの平均確認数

Fig.3. The abundance (mean number of individuals) of Sakhalin taimen found in each stream type. Individuals=Mean of cumulative sum of four seasons for each site; DR=drainage; COL=connected oxbow lake; NOL=Non-connected oxbow lake

が確認された2、3次水流の調査地間で顕著であった。すなわち、2次水流の2nd1では成魚および若魚が確認されたのに対して、2nd3では幼魚および稚魚が確認された。また、3次水流の3rd1では成魚から稚魚まで全成長段階が確認されたのに対して、3rd2では稚魚のみの確認に留まった(表2)。

調査地タイプごとのイトウの平均確認数は、成魚では4次水流において、幼魚では1-3次水流および排水路において、稚魚では3次水流および排水路において多かった(図3)。

2) 分布様式の季節分布

成魚は特に春季の確認箇所および確認数が多かったものの、4次水流で4季において生息が確認された。3次水流の3rd1および2次水流の2nd1でも春および夏季に確認されたが、個体数は1個体と少なかった。若魚は、1-4次水流および連続旧河道まで生息が確認されたものの、複数季(2季)にわたり生息が確認されたのは、連続旧河道のCOL1と2次水流の2nd2であり、その他の調査地では1季の確認に留まった。また、COL1と2nd2では若魚以外の成長段階は確認されなかった(表2)。幼魚は3次水流の3rd1と2次水流の2nd3において3季にわたり生息が確認された。夏季には本流の4th1、2、4の他に排水路のDRでも生息が確認された。稚魚は確認箇所が大きく2つに区分さ

れた。一つは3次水流の3rd1であり、夏(産卵床からの浮上直後)から冬季にわたり継続的に生息が確認され、確認個体数が突出した。もう一つは下流域の3次水流の3rd2および排水路のDRであり、夏季のみに多くの個体が確認された。

3) 個体数および体サイズと環境因子との関係

各環境因子とイトウのサイズおよび個体数との間で相関分析を行った結果、いずれのケースにおいても有意な関係は確認されなかった(表3)。

IV 考 察

1) 河川内分布様式

調査の結果、イトウは各成長段階が4季にわたり様々な調査地タイプを利用することが明らかとなった。従って、イトウはその生活史を通して、河川全体を利用していることが示唆される。以上より、イトウの河川内分布様式を考慮すると、元来まで環境の保全の重要性が指摘されていた産卵場所となる上流域(福島1998, 江戸2002)に加えて、中流から下流域にかけての成魚の生息場所、および水系全体にわたる稚魚の生息場所が確保されている必要がある。本研究ではイトウの他に、アメマス、サケ、カラフトマスおよびサクラマスの生息が確認されており、これらの種はすべて、生活史の中で海域と河川域の双方を利用する通し回遊魚(遡河回遊魚)に分類される(後藤1991)。サケおよびカラフトマスにとっての河川域は、成魚の産卵場所から稚魚の浮上場所としてのみ機能しており、稚魚、幼魚、若魚および成魚は海域を利用し成長する(Salo 1991, Heard 1991)。アメマスは道東河川では上流域の山地溪流、および中流から下流域の湿地流にかけて広く分布するが(石城1984)、各成長段階の中流から下流域にかけての水系内分布様式については不明な点が多い。しかし本研究では、秋季から冬季にかけて2nd1、2nd2および4th2で各1個体が確認されたに留まったため(佐川未発表)、A水系ではアメマスの分布様式はイトウと異なる可能性がある。また、アメマスは北海道では降海型と残留型の生活史二型が存在し(Yamamoto *et al.* 1999; Morita 2002)、降海型は海域を利用し成長する(森田2004)。サクラマスもアメマスと同様に生活史二型が存在し(久保1980)、稚魚期には河川域を利用するものの、降海型の幼魚、若魚および成魚は海域を利用し成長する。また、河川残留型の生息場所は山地溪流が主体であり、本研究でもその生息は支流域であるDR、2nd1および

表3. イトウのサイズおよび確認数と環境変量との相関関係

Table 3. Spearman's rank correlation coefficients between average total length and captured number of Sakhalin taimen and habitat variables for each sampling site in the A River Basin.

habitat variable	Total length n=11	Captured number n=15
Distance from the sea (m)	0.28(0.373)	0.05(0.845)
Wetted width (m)	0.18(0.565)	-0.34(0.207)
Maximum depth (cm)	-0.10(0.752)	-0.06(0.829)
Current velocity (m/sec)	0.46(0.143)	0.26(0.339)
Vegetative cover (%)	-0.09(0.774)	0.37(0.165)
Water quality		
pH	0.20(0.530)	0.10(0.720)
BOD (mg)	0.03(0.930)	0.07(0.803)
COD (mg)	-0.30(0.349)	-0.25(0.356)
SS (mg)	-0.41(0.198)	0.24(0.377)
DO (mg)	-0.23(0.462)	0.32(0.225)
T-N (mg)	-0.16(0.614)	-0.07(0.780)
T-P (mg)	-0.22(0.486)	-0.25(0.351)
EC (mS)	0.00(1.000)	-0.52(0.051)

P-value are indicated in the parenthesis.

2nd3に限定された (佐川 未発表)。

以上を考慮すると、すべての成長段階が河川全域を利用するといったイトウの河川内分布様式は、同一水系に生息する近縁サケ科魚類とは特異な性質であり、これは、イトウの河川域への依存度が他種よりも高いことを示唆するものである。従って本種を保全するためには、河川域における各成長段階の生息場の質と量が水系全体に渡って確保されている必要があるとの認識の基、対策を講じる必要がある。また、各成長段階の生息場所 (物理環境) 特性の解明には、本研究で簡易に取得した物理環境および水質のデータと、イトウの平均サイズおよび捕獲個体との間には因果関係が抽出されなかったことを鑑み、河道区間から微生息場所といった小さな空間スケールを対象とした調査を実施する必要がある。

2) 回遊パターン

成魚は中流から下流域である4次水流に多く、産卵時期である早春以外に4季にわたり生息し、2-3次水流でも春および夏季に少数が確認された。従ってイトウ成魚にとって河川の中流から下流域が産卵期以外の生息場所として機能していることが示唆される。産卵期以外のイトウの成魚の分布については汽水湖や海域での断片的な知見が報告されているにすぎないが (川村ほか 1983; 小宮山 1997; Edo *et al.* 2005)、Edo *et al.* (2005) は、1997年と1999年の6月に猿払川河口沿岸でイトウ成魚が計25個体捕獲されたことを報告している。本研究で河川の中流から下流域に成魚が生息したこと、および早春期には河川の上流域まで産卵遡上する (福島 1998) ことを考慮すると、産卵期以降には河川中流から下流域 (海域含む) が生息場所として機能しており、毎年産卵のたびに上流域に遡上し降下するといった回遊パターンが示唆される。

稚魚の分布結果からは、上流域で夏季に孵化・浮上した後、産卵域に留まる個体 (以下、定着個体という) と、浮上後すぐに河口付近まで降下する個体 (以下、降下個体という) が存在することが明らかとなった。イトウの移動分散については空知川での報告があるが、産卵域で浮上したほとんど全ての個体が本流へと長距離降下分散してしまい (北海道立水産孵化場 1996, 江戸 2002)、本研究で確認されたような定着個体はほとんど確認されていない。このように、空知川で稚魚が降下する理由としては、山地溪流であるため水際にイトウ稚魚の生息空間と成る植物体によるカ

バーや小水路、緩流域が少ないことを指摘している (江戸 2002)。サケ科稚魚の降下分散については多くの報告があり (Iwata 1995; McCormick *et al.* 1998; Kahler *et al.* 2001)、降下分散の要因としては、空知川で指摘されている生息場所の不足および減少の他 (Bilby & Bisson 1987)、種間および種内の攻撃行動による排除 (Chapman 1962)、水量や温度の変化 (Bjornn 1971)、餌の減少 (Wilzbach 1985) 等が指摘されている。従って降下要因の解明のためには以上を考慮した調査が必要ではあるが、生息場所の観点から推察すると、A水系は空知川とは異なり緩勾配の湿地的蛇行河川となっており、水系全体にわたり稚魚の好適な生息場所 (佐川ほか 2003) が多く存在することが推測される。従って、河川内における稚魚の生息場所の分布および量が、稚魚の降下および定着を規定している可能性があり、A水系における稚魚の分布範囲は上流域から河口域全体に及ぶことが考えられる。

上述したイトウ成魚および稚魚の河川内回遊様式を考慮すると、イトウの生息水系に設置されている河川工作物の存在は彼らの移動障害を引き起こし、結果としてその再生産に影響を与える可能性がある。従って、成魚にとっては遡上および降下経路が、稚魚にとって降下経路が、上流域から下流域まで確保されている必要がある。具体的な保全事業としては、水系内の河川工作物に対するイトウ移動に関する影響評価の実施、イトウ生息場所に関するポテンシャルマップの作成を行った上で生息場所創出のための技術的検討を行い、事業者、研究者および地域が三位一体となり、順応的管理による対策を講じることが必要である。

謝辞

本論を作成するにあたり、実に多くの方々から御協力をいただいた。北海道大学農学部の中村太士教授、丸谷知己教授、前川光司教授、愛媛大学理学部の井上幹生助教授には、本論文を校閲していただくとともに有意義な御指摘をいただいた。特に中村太士教授には、研究を始めた1997年以降、何もわからなかった私に対して、調査デザインの組み方、論文の書き方に至るまで様々な御指導を承った。事あるたびに先生がかけて下さった「一步一步着実に」は、今では私にとっての座右の銘になっている。独立行政法人国立環境研究所の福島路生氏、北海道立水産孵化場の川村洋司氏、独立行政法人水産総合研究センターの森田健太郎氏、北海道立水産孵化場の卜部浩一氏、北海道栽培漁業振興

公社の眞山紘氏、北海道大学農学部の永山滋也氏には、研究を進めるにあたり有益な御助言をいただいた。現地調査に際しては、株式会社ドーコン環境保全部の山下茂明氏、三沢勝也氏、清澤道雄氏、佐藤公俊氏、中森達氏（現、(有)北海道生物地理）、(株)エコテックの妹尾優二氏、坂本直人氏、渋谷裕和氏、関将太郎氏、(株)フィッシャーマンズコンサルタントの中村文彦氏に御世話になった。以上の方々の調査技術がなければ、これだけのイトウを確認、捕獲することはできなかったであろう。最後に、以上の方々に対して心からお礼を申し上げたい。なお、本論は北海道大学農学部審査学位論文（佐川 2006）の第2章に掲載した小論をもとに作成したものである。

引用文献

- Barthem R. B., Ribeiro M. C. L. B. & Petrere M Jr (1991) : Life strategies of some long-distance migratory catfish in relation to hydroelectric dams in the Amazon Basin, *Biological Conservation* **55**, 339-345
- Beamish R. J. & Northcote T. G. (1989) : Extinction of a population of anadromous parasitic lamprey, *Lampetra tridentate*, upstream of an impassable dam, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **46**, 420-425
- Bilby R. E. & Bisson P. A. (1987) : Emigration and production of hatchery coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) stocked in streams draining an old-growth and a clear-cut watershed, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **44**, 1397-1407
- Bjornn T. C. (1971) : Trout and salmon movements in two Idaho streams as related to temperature, food, stream flow, cover, and population density, *Transactions of the American Fisheries Society* **100**, 423-438
- Chapman D. W. (1962) : Aggressive behavior in juvenile coho salmon as a cause of emigration, *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **19**, 1047-1080
- Edo K., Kawamura H. & Higashi S. (2000) : The structure and dimensions of redds and egg pockets of the endangered salmonid, Sakhalin taimen, *Journal of Fish Biology* **56**, 890-904
- 江戸謙顕 (2002) : 希少種保全のための調査研究—イトウを例として、生物と環境, pp.67-117, 三共出版
- Edo K., Kawaguchi Y., Nunokawa M., Kawamura H. & Higashi S. (2005) : Morphology, stomach contents and growth of the endangered salmonid, Sakhalin taimen *Hucho perryi*, captured in the Sea of Okhotsk, northern Japan: evidence of an anadromous form, *Environmental Biology of Fishes* **74**, 1-7
- Fukushima M. (1994) : Spawning migration and redd construction of Sakhalin taimen, *Hucho perryi* (Salmonidae) on northern Hokkaido Island, Japan, *Journal of Fish Biology* **44**, 877-888
- 福島路生 (1998) : イトウの生態と生息環境、「魚から見た水環境—復元生態学に向けて／河川編—」(森誠一編)、pp.120-130、信山社サイテック、東京
- Fukushima M. (2001) : Salmonid habitat-geomorphology relationships in low-gradient streams, *Ecology* **82**, 1238-1246
- Gehrke P. C., Astles K. L. & Harris J. H. (1999) : Within-catchment effects of flow alteration on fish assemblages in the Hawkesbury-Nepean River system, Australia, *Regulated Rivers: Research & Management* **15**, 181-198
- Gehrke P. C., Gilligan D. M. & Barwick M. (2002) : Changes in fish communities of the Shoalhaven river 20 years after construction of Tallowa dam, Australia, *River Research and Applications* **18**, 265-286
- 後藤晃 (1991) : 第7章 魚類、「北海道自然環境図譜」(財団法人前田一步園財団編)、pp.271-304、前田一步園財団、阿寒
- Heard W. R. (1991) Life history of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). In "Pacific Salmon Life Histories" (ed. By C. Groot and L. Margolis), UBS press, pp.119-230, Vancouver
- 稗田一俊 (1984) : イトウ、「北海道の淡水魚」、pp.8-13、北海道新聞社、札幌
- 北海道立水産孵化場 (1983) : 金山人工湖産イトウの生態に関する研究、「昭和57年度事業成績書」、pp.200-201
- 北海道立水産孵化場 (1984) : 金山人工湖産イトウの生態に関する研究、「昭和58年度事業成績書」、pp.184-185
- 北海道立水産孵化場 (1985) : 金山人工湖産イトウの生態に関する研究、「昭和59年度事業成績書」、p.208
- 北海道立水産孵化場 (1986) : 金山人工湖産イトウの

- 生態に関する研究、「昭和60年度事業成績書」、p.178
 北海道立水産孵化場 (1987) : 金山人工湖産イトウの生態に関する研究、「昭和61年度事業成績書」、pp.135-136
 北海道立水産孵化場 (1988) : 金山人工湖産イトウの生態に関する研究、「昭和62年度事業成績書」、pp.133-134
 北海道立水産孵化場 (1994) : 希少水生生物保存対策試験、「平成5年度事業成績書」、pp.70-76
 北海道立水産孵化場 (1995) : 希少水生生物保存対策試験、「平成6年度事業成績書」、pp.61-70
 北海道立水産孵化場 (1996) : 希少水生生物保存対策試験(イトウ稚魚生息環境調査)、「平成7年度事業成績書」、pp.83-90
 北海道 (2001) : 魚類、「北海道の希少野生動物、北海道レッドデータブック2001」、pp196-209
 Holcik J., Hensel K., Nieslanik J. & Skacel L. (1988) : Taxonomy and Systematics, In: The Eurasian Huchen, *Hucho hucho*, Largest Salmon of the World, pp.2-12. Dr. W. JUNK publishers, Dordrecht
 石城謙吉 (1984) : イワナの謎を追う、216pp、岩波書店、東京
 International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (2006) : The IUCN Red List of Threatened species TM. <<http://www.redlist.org/search/search-basic>>, [2006, June 6]
 Iwata M. (1995) : Downstream migratory behavior of salmonids and its relationship with cortisol and thyroid hormones: a review, *Aquaculture* 135, 131-139
 Joy M. K. & Death R. G.. (2001) : Control of freshwater fish and crayfish community structure in Taranaki, New Zealand: dams, diadromy or habitat structure?, *Freshwater Biology* 46, 417-429
 Kahler T. H., Roni P. & Quinn T. P. (2001) : Summer movement and growth of juvenile anadromous salmonids in small western Washington streams, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58, 1947-1956
 可児籐吉 (1944) : 溪流棲昆虫の生態、「可児籐吉全集」、pp. 3-91、思索社、東京
 環境省 (2003) : 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック—4 汽水・淡水魚類、230pp、財団法人自然環境研究センター、東京
 河口洋一 (2004) : 地域で取り組む環境復元事業、—イトウのすめる川づくり—、*Rio* (豊田市矢作川研究所月報) 72, 1 p
 川村洋司・馬淵正裕・米川年三 (1983) : 道東の汽水湖・厚岸湖で漁獲されるイトウ *Hucho perryi* (BREVOORT)、北海道立水産孵化場研究報告 38, 47-55
 川村洋司 (1989) : イトウ、「日本の淡水魚」(川那部浩哉・水野信彦編)、pp.93-99、山と溪谷社、東京
 木村清朗 (1966) : イトウ *Hucho perryi* (BREVOORT) の生活史について、*魚類学雑誌* 14, 17-25
 小林哲夫・佐々木正夫 (1965) : 気泡並びに光に対するサケ稚魚の回遊について、北海道さけ・ますふ化場研究報告 19, 33-42
 小宮山英重 (1996) : イトウとその生息環境の保全、*北方林業* 48(6)、1-4
 小宮山英重 (1997) : イトウ、「日本の希少淡水魚の現状と系統保存」(長田芳和・細谷和海編)、pp.22-35、緑書房、東京
 国土庁土地局 (1979) : 表層地質図、—平面的分類図—、「土地分類図(北海道Ⅶ) 宗谷・留萌支庁」
 久保達郎 (1980) : 北海道のサクラマス生活史に関する研究、北海道さけ・ます孵化場研究報告 34, 1-95
 Laroche L., Durand J. D., Bouvet Y., Guinand B. & Brohon B. (1999) : Genetic structure and differentiation among populations of two cyprinids, *Leuciscus cephalus* and *Rutilus rutilus*, in a large European river, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56, 1659-1667
 Lusková V., Šlechtová V., Pov M., Šlechta V. & Lusk S. (1997) : Genetic variability of *Chondrostoma nasus* populations in rivers of the Black Sea and the Baltic Sea drainage systems, *Folia Zoologica* 46 (Supplement 1), 27-36
 Luttrell G. R., Echelle A. A., Fisher W. L. & Eisenhour D. J. (1999) : Declining status of two species of the *Macrhybopsis aestivalis* complex (Teleostei: Cyprinidae) in the Arkansas River Basin and related effects of reservoirs as barriers to dispersal, *Copeia* 4, 981-989
 Matsubara H., Sakai H. & Iwata A. (2001) : A river metapopulation structure of a Japanese freshwater goby, *Odontobutis obscura*, deduced from allozyme

- genetic indices, *Environmental Biology of Fishes* **61**, 285-294
- McCormick S. D., Hansen L. P., Quinn T. P. & Saunders R. L. (1998) : Movement, migration, and smolting of Atlantic salmon, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **55**, 77-92
- 水野信彦 (1963) : ヨシノボリとカワヨシノボリの分布 - I、湖と池の付近について、*日本生態学会誌* **13**, 242-247
- 水野信彦・名越誠 (1964) : 奈良県猿谷ダム湖の魚類 - II、続・生息状態のあらまし、*日本生態学会誌* **14**, 61-65
- 水野信彦・森主一・川那部浩哉 (1964a) : ダム湖およびそれに連なる川における魚類の生態学的研究、*淡水生物* **9**, 4-8
- 水野信彦・名越誠・森主一 (1964b) : 奈良県猿谷ダム湖の魚類 - I、生息状態のあらまし、*日本生態学会誌* **14**, 4-9
- 森由行・福島路生・小野有五 (1997) : 北海道におけるイトウの産卵場所選択、*野生生物保護* **3**, 4-51
- Morita K. & Suzuki T. (1999) : Shifts of food habit and jaw position of white-spotted charr after damming, *Journal of Fish Biology* **55**, 1156-1162
- Morita K. Yamamoto S. & Hoshino N. (2000) : Extreme life history change of white-spotted char (*Salvelinus leucomaenis*) after damming, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **57**, 1300-1306
- Morita K. & Yamamoto S. (2001) : Contrasts in movement behavior of juvenile white-spotted charr between stocks above and below a dam, *Fisheries Science* **67**, 179-181
- Morita K. (2002) : Ecology and current status of white-spotted charr with special reference to the impact of habitat fragmentation by damming, Doctoral thesis, Hokkaido University, 154pp
- Morita K. & Yamamoto S. (2002) : Effects of habitat fragmentation by damming on the persistence of stream-dwelling charr populations, *Conservation Biology* **16**, 1318-1323
- Morita K. & Yokota A. (2002) : Population viability of stream-resident salmonids after habitat fragmentation: a case study with white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) by an individual based model, *Ecological Modelling* **155**, 85-94
- 森田健太郎 (2004) : ダム構築による河川分断化がもたらすもの - 川は森と海をつなぐ道 -、「サケ・マスの生態と進化」(前川光司編)、pp.281-312、文一総合出版、東京
- Nakano S., Maekawa K. & Yamamoto S. (1990) : Change of the life cycle of Japanese charr following artificial lake construction by damming, *Nippon Suisan Gakkaishi* **56**, 1901-1905
- 中野繁・井上幹生・桑原慎知・豊島照雄・北条元・藤戸永志・杉山弘・奥山悟・笹賀一郎 (1995) : 北海道天塩中川地方演習林および隣接地域における淡水魚類相と治山・砂防ダムが分布に及ぼす影響、*北海道大学農学部演習林報告* **52**, 95-109
- 中尾勝哉・井出康郎・井上聡・古屋稔 (1995) : イトウの産卵床と河川環境について、*土木学会北海道支部論文報告集* **52**, 378-383
- Nehlsen W., Williams J. E. & Lichatowich J. A. (1991) : Pacific salmon at the crossroads: stocks at risk from California, Oregon, Idaho and Washington, *Fisheries*, **16**, 4-21
- Nielsen J. L., Carpanzano C., Fountain M. C. & Gan C. A. (1997) : Mitochondrial DNA and nuclear microsatellite diversity in hatchery and wild *Oncorhynchus mykiss* from freshwater habitats in southern California, *Transactions of the American Fisheries Society* **126**, 397-417
- 小野有五 (1993) : イトウ産卵河川の流域保全への試み、「森と川 No. 3」、pp. 42-44、北海道の森と川を語る会、札幌
- Ruban G. I. (1997) : Species structure, contemporary distribution and status of the Siberian sturgeon, *Acipenser baerii*, *Environmental Biology of Fishes*, **48**, 221-230
- 佐川志朗・山下茂明・佐藤公俊・中村太士 (2003) : 北海道北部の河川支流流域における秋季イトウ未成魚の生息場所と採餌様式、*日本生態学会誌* **53**, 95-105
- 佐川志朗 (2006) : イトウの生息環境保全のための基礎的研究、*北海道大学審査学位論文*、144pp
- Salo E. O. (1991) Life history of chum salmon (*Oncorhynchus keta*). In "Pacific Salmon Life Histories" (ed. By C. Groot and L. Margolis), UBS press, pp.231-310, Vancouver
- Schaller H. A., Petrosky C. E. & Langness O. P. (1999) : Contrasting patterns of productivity and survival

- rates for stream-type Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) populations of the Snake and Columbia rivers, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **56**, 1031-1045
- 関谷明・下村充・坂本裕嗣・甲田篤史・福井吉孝 (2002) : アユの行動特性と迷入防止について, *水工学論文集* **46**, 1133-1138
- 下田和孝・中野繁・北野聡・井上幹生・小野有五 (1993) : 知床半島における河川魚類群集の現状 - 特に人間活動の影響を中心に -, *北海道大学大学院環境科学研究科邦文紀要* **6**, 17-27
- 下田和孝・中野繁・山本祥一郎 (2002) : ダム建設による遡河回遊型アメマスの陸封化, *魚類学雑誌* **49**, 25-32
- Strahler A. N. (1957) : Quantitative analysis of watershed geomorphology, *Transactions of the American Geophysical Union* **38**, 913-920
- ter Steege H. (1993) : HEMIPHOTO, a program to analyze vegetation indices, light quality from hemispherical photographs, *The Tropembos foundation Wageningen, The Netherlands*
- Wei Q., Ke F., Zhang J., Zhuang P., Luo J., Zhou R. & Yang W. (1997) : Biology, fisheries, and conservation of sturgeons and paddlefish in China, *Environmental Biology Fishes*, **48**, 241-255
- Wilzbach M. A. (1985) : Relative roles of food abundance and cover in determining the habitat distribution of stream-dwelling cutthroat trout (*Salmo clarki*), *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **42**, 1668-1672
- Winston M. R., Taylor C. M. & Pigg J. (1991) : Upstream extirpation of 4 minnow species due to damming of a prairie stream, *Transactions of the American Fisheries Society* **120**, 98-105
- 山本祥一郎・中野繁・徳田幸憲 (1992) : 人造湖におけるイワナ *Salvelinus leucomaenis* の生活史変異とその分岐, *日本生態学会誌* **42**, 149-157
- Yamamoto S., Morita K. & Goto A. (1999) : Geographic variations in life history characteristics of white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*), *Canadian Journal of Zoology* **77**, 871-878
- Yamamoto S., Morita K., Koizumi I. & Maekawa K. (2004) : Genetic differentiation of white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) populations after habitat fragmentation: spatial-temporal changes in gene frequencies, *Conservation Genetics* **5**, 529-538
- 山代昭三 (1965) : 北海道東北部におけるイトウ (*Hucho perryi*) の年令と成長, *日本水産学会誌* **31**, 1-7
- 山代昭三 (1978) : 北海道のイトウについて, 「淡水魚第4号」(木村英造編), pp.132-136, 財団法人淡水魚保護協会、大阪
- Zhong Y. & Power G. (1996) : Environmental impacts of hydroelectric projects on fish resources in China, *Regulated Rivers: Research & Management* **12**, 81-98

Summary

The objectives of this study were to clarify distribution patterns of Sakhalin taimen in a low-gradient meandering river (mainly mid- and downstream) and to develop effective conservation strategies based on the life history traits of taimen. The results suggested that all life stages of taimen were widely distributed throughout river systems, and adult Sakhalin taimen migrated between the fourth order stream in the mid- and downstream areas (their habitat except during the spawning season) and the upstream reaches (their spawning area). Newly emerged taimen fry from the spawning bed in early summer showed two different patterns of distribution. One of the two patterns was "resident" that remain at the spawning area, and the other was "downstream migrator" that move to downstream and/or even estuary from the spawning tributaries. In order to guide river management for conservation of Sakhalin taimen, it is necessary to evaluate the effects of dam construction on the migration route and the habitat quality of taimen throughout the drainage system. Moreover, I insisted that the adaptive management sharing disclosed information on conservation of taimen among government employee, NGO, scientists and local residents should be introduced.