

修士論文

バイオテレメトリー手法を用いた別寒辺牛川水系における
イトウ (*Hucho perryi*) の生息域の推定に関する研究

野田裕二

北海道大学大学院環境科学院
生物圏科学専攻

平成 19 年度

目次

緒言	1
1章 材料と方法	5
1-1 調査区域および期間	5
1-2 河川の分割	5
1-3 使用機器	5
1-4 標識魚の捕獲・発信器の装着	6
1-4-1 装着実験	6
1-4-2 標識魚の捕獲	7
1-4-3 発信器の装着	8
1-5 実験魚の追跡方法	8
1-5-1 設置型受信機による追跡方法	8
1-5-2 カヌーによる追跡方法	8
1-6 取得データの解析方法	9
2章 結果	20
2-1 産卵後の降下行動	20
2-2 降下後の季節移動	21
2-3 河川環境とイトウの移動	23
2-3-1 水温	23
2-3-2 潮汐との対応	24

3章 考察	33
3-1 産卵後の降下と分布域	33
3-2 季節移動の誘因	34
3-3 イトウの日周行動について	35
3-4 今後の展望	36
3-4-1 イトウを保護するために	36
3-4-2 バイオテレメトリー手法の有効性	36
3-4-3 今後の課題	37
謝辞	39
参考文献	41
付録	45

緒言

イトウ (*Hucho perryi*) はサケ科イトウ属の魚で、ロシア沿海州、サハリン、千島列島、北海道に分布が確認されている。イトウ属はユーラシア大陸に広く分布し、本種以外ではドナウ川に *Hucho hucho*, シベリアに *Hucho taimen*, 鴨緑江上流に *Hucho ishikawai*, 揚子江上流に *Hucho bleekeri* が分布している (木村 1966)。

本種は、イトウ属の中で唯一降海性を有し、成長すると全長 1.5m 以上に達する日本最大級の淡水魚である (グリツェンコほか 1974)。15 年以上生きる個体も確認されており、産卵は一生の内に複数回 (成熟後 2~3 年に 1 度)、雪解け後の 3 月中旬から 5 月下旬に河川上流の浅瀬で行われる (グリツェンコほか 1974, Fukushima 1994, 2001, Edo et al. 2000)。孵化後、浮上した仔魚は、河川を降下しながら浅瀬に定着し、流下昆虫などを食べて成長する (井田・奥山 2000, 江戸 2002)。そして、全長が 15cm を超える頃から魚食性を増し、主に小魚を食べるようになる (グリツェンコほか 1974, 佐川ほか 2003)。成熟には長い年月を要し (雄: 4~6 年, 雌: 6~7 年)、成長すると共に分布域を河川の中流から下流、さらには海洋の沿岸域まで拡大する (木村 1966, 川村ほか 1983, 佐川ほか 2002, Edo et al. 2005)。

イトウはかつて青森県と岩手県の一部の水域にも生息が確認されていたが、現在では、北海道南部 (以下, 道南) の一部と日高地方を除く、道内河川および湖沼に分布している (図 1)。さらに、イトウの安定した個体群は北海道北部 (以下, 道北) 猿払川周辺, 天塩川中流, 朱鞠内人工湖, 金山人工湖, 別寒辺牛川周辺域及び道北人工湖等, 6 水系の河川・湖沼に限られている (江戸 2002, 北海道立水産孵化場 2006)。

本種の減少を受け、イトウは 1991 年に環境庁 (現: 環境省) の「動物版レッドデータブック」で「危急種 (V)」に指定された。その後「絶滅危惧種 IB 類 (EN)」への指定、北海道におけるレッドリスト及びレッドデータブックへの記載を経て、現在では国際自然保護連合(IUCN)による「2006 年版レッドリスト」において最も野生種の絶滅の危険が高

い「絶滅危惧種 IA 類 (CR)」に指定されている (環境庁 1991, 1999, 北海道 2000, 2001, IUCN 2006)。

本種は母川回帰性が強いことが知られており、一度ある支流で繁殖する個体群が絶滅すると、その支流での再生産の回復は極めて難しい (川村 2001, 江戸 2002)。そのため、近年の河川改修など、人為的影響による生息環境の悪化が、本種の個体数の減少に大きな影響を与えたと考えられている (江戸 2002, 佐川ほか 2002, 森・野本 2005, 野本 2006)。以上のことから、本種の保全計画策定は急務であると考えられるが、そのためには本種の生活史、環境変化による分布域の変動に関する知見が必要であると考えられる。

生息環境については、生息河川が泥炭地帯を流れ、茶褐色の濁水による影響で透明度が低い。そのため、孵化浮上後の稚仔魚及び産卵に伴う親魚のような、上流部の浅瀬で観察が可能な場所以外では、行動を目視で観察することは困難である。このような理由により、過去の知見においては初期及び繁殖期の生活史に関する研究が多く、その他の期間においては、沿岸域で捕獲されたイトウや、夏季の生息場所利用の断片的な知見が得られているに過ぎない (木村 1966, 川村ほか 1983, Fukushima 1994, Edo et al. 2000, 2005, 江戸 2002, 佐川ほか 2002, 2003, Arai et al. 2004)。とりわけ、本種成魚の行動生態に関する知見はほぼないに等しいのが現状であり、本種の効果的な保全計画を策定するには、生息環境の変化によるイトウへの影響を解明することが必要であると考えられる。

近年、目視以外の観察方法として、対象に直接計測器を取り付け、情報を得るバイオテレメトリー手法がある。電波発信器を用いて発信源を特定することにより追跡が可能な電波テレメトリー手法、超音波発信器を用いて水中生物の位置情報を取得する超音波テレメトリー手法、温度・深度・加速度・磁気・照度等のセンサーを搭載し、取得データを記録していくデータロガーを用いた手法などが確立されつつある。また、これらバイオテレメトリー手法を用いることで、目視では解明することが不可能な行動生態が解明されている (Solomon and Storeton 1983, Peake et al. 1997, Tanaka et al. 2001)。超音波テレメトリー手法においては、位置情報だけでなく、水中生物に深度、温度等のセンサーを搭載し

た発信器を装着し、個体毎の水深、水温等の計測が可能となった。また、近年のマイクロエレクトロニクス技術の発展に伴い、機器の小型化・大容量メモリの搭載・電池寿命の長期化により、対象となる生物の負担を軽減するだけでなく、長期に亘り詳細な情報を得ることが可能となった。

イトウの安定した個体群の中でも、別寒辺牛川水系は、上流に一般人が容易に立ち入ることが出来ない自衛隊の演習林があり、中流から下流にかけてラムサール条約に指定された別寒辺牛湿原（1993年6月10日登録 5,277ha）を持つ。本水系は、人為的な河川改修が行われている区間が、道路と交差する箇所・自衛隊演習場の境界線に位置するダム・牧草地となった一部の流域であるため、多くの自然が残されている。そのため本研究では、別寒辺牛川水系におけるイトウの産卵後の降下行動・季節的な回遊行動、さらには、移動と周囲環境の相互関係を解明することを目的とし、追跡と環境データの取得には、河川の定点での通過情報の取得が可能な超音波テレメトリー手法と、河川水温を継続して記録できる温度センサーを搭載したデータロガーを用いた。

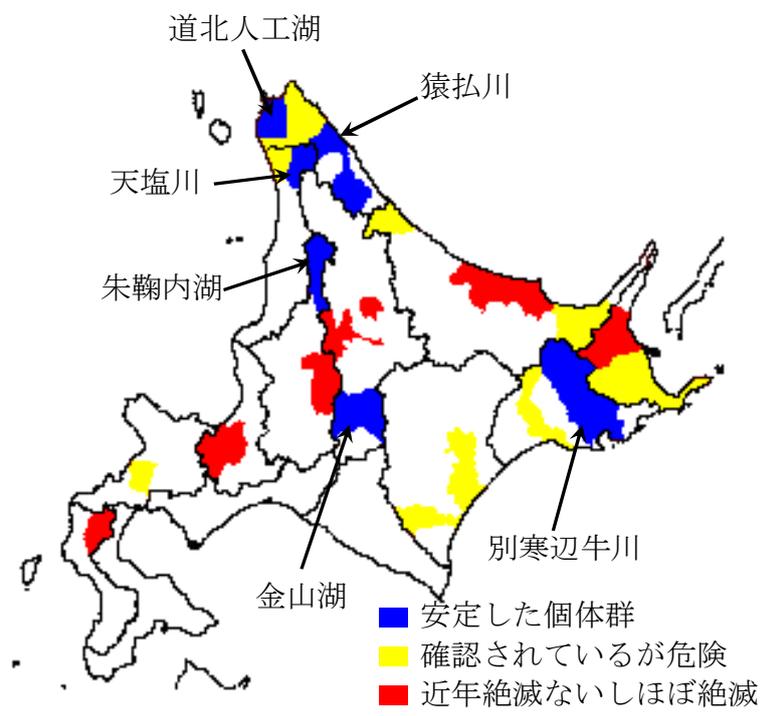


図1 イトウの分布

(北海道レッドデータブック 2001, 北海道立水産孵化場 2006 より改変)

1章 材料と方法

1-1 調査区域および期間

調査は、北海道東部厚岸町を流れる別寒辺牛川水系で行った(図2)。本水系のうち、本流の別寒辺牛川(流路延長43.8km, 流域面積738.8km²)及び6つの支流を調査区域に設定した。調査期間はイトウの産卵後から河川凍結までの時期とし、2006年4月25日から同年12月5日、2007年4月28日から同年11月25日に行った。

1-2 河川の分割

本論文ではイトウの生息地保全のため、捕獲場所、受信機の設置場所の位置情報を明記せず、模式図上で示した。図3に示す通り、Rosgen(1994)による河川分類法に基づき、本水系を勾配・河川形態により河川の分類をした。本水系では勾配が1%未満であり、図3に示す勾配が1%以上のAa+・A・B・Gは存在せず、また、平水時に複数流れがある流域はないため、D・DAも存在しない。そのため、C・E・Fの3種類で分類した。C・Eは増水時に河川の蛇行が消える氾濫原を持ち、Fは増水時も平水時と同様の形態を取る。CとEでは河川の断面図が違い、Cの水深は右岸と左岸で異なり、Eの水深はほとんど変化が見られない。また、河川形態だけではなく、下流部の潮汐によって流速に変化が生じる範囲、塩分濃度に変化が生じる範囲及び中流部の河川合流点を考慮した分割を行った。図4に示す通り上流域をエリア1、中上流域をエリア2、中流域(合流点上流)をエリア3、中流域(合流点下流)をエリア4、潮汐により流速に変化が生じる下流域をエリア5、塩分濃度に変化が生じる(塩分濃度<10‰)河口域をエリア6とした。

1-3 使用機器

本研究では、イトウの行動追跡に超音波発信器(VEMCO社製 V13-1L-R256, V13-1L-R64K 以下、発信器)と設置型超音波受信機(VEMCO社製 VR2 以下、受

信機)を用いた。発信器(直径 13mm, 長さ 36mm, 空中重量 11g, 水中重量 6g)は電池寿命が約 1 年で, 発信器装着個体は周年において追跡した。6 回 1 組のパルス(周波数 69kHz)を 20~60 秒の間に一度, ランダムに発信し, 信号を受けた受信機が個体 ID と受信時刻を内部メモリに記録する。受信機の受信範囲は, 止水では最大受信半径約 500m であるが, 河川で使用した場合, 流れ・水温・水質・蛇行・障害物などの影響を受けて減少する。そのため, 設置した各受信機の受信範囲の較正を行った。その結果, 川幅約 5m・水深約 1m の上流部で受信半径約 10~20m, 川幅約 100m・水深約 3m の下流部では受信半径約 100~200m であり, 川幅に対して十分な受信範囲があることを確認した。

また, 河川水温を計測するため, 水温ロガー(Onset Computer 社製 StowAway TdbiT Temp Logger TBI32-05+37) 5 台を用いた。水温ロガーは 15 分間隔で水温(精度: -5~37°C で±0.1°C)を記録することができ, 受信機と共に係留することで使用した。

1-4 標識魚の捕獲・発信器の装着

1-4-1 装着実験

計測器の装着において, Peake et al. (1997) 及び Swanberg and Geist (1997) によると, 同じサケ科に属するアトランティックサーモン (*Salmo salar*) 及びニジマス (*Oncorhynchus mykiss*) では機器の装着による遊泳行動に影響はないとされている。イトウに対する外部装着は津田 (2006) により 1 ヶ月の追跡が可能であったことが示されている。しかし, 本研究の 2006 年の調査において, 津田 (2006) の個体で 3 ヶ月以上移動しない受信が得られたため, 発信器の脱落の可能性が考えられた。そのため, 本研究の 2007 年では内部装着をすることとした。そこで, イトウへの内部装着のストレスによる影響を検証するため, 2007 年 4 月 19 日に北海道大学北方生物圏フィールド科学センター七飯淡水実験所で, 4 個体のイトウを用いて装着実験を行った。

Peake et al. (1997) による方法に従い, 実験魚に麻酔 (2-phenoxyethanol 0.04% : 河川水で希釈) を施した。麻酔が完全に効いたことを確認した後, 採鱗をし, 手術台に乗せ

て腹部をメスで約 1cm 切開し、腹腔内に発信器を挿入して縫合した。発信器は、腹腔内に挿入した際に内部を傷付けないよう、ラテックスで包んだ。

本実験では発信器のダミーを使用し、外科的手術に要した時間、縫合の有無によるダミーの脱落の有無、装着後の影響の有無を調べた（表 2）。飼育時の餌には、まず類育成用配合飼料（オリエンタル酵母工業社製 オリエンタルます用配合飼料：動物質性飼料 54%，穀類 28%，植物油かす類 8%，そうこう類 7%，その他 3%）を使用し、1日に1回適量を与えた。装着実験をしてから 20 日経過後も全個体に装着による遊泳・生存に対する影響は観察されなかった。そのため、腹腔内装着に対する危険性は小さいものとした。また、装着から約 9 ヶ月後の、2008 年 1 月 31 日時点で 4 個体すべての生存が確認されているため、装着のストレスによる死亡はないと考えた。

1-4-2 標識魚の捕獲

標識魚は、釣り及び網により捕獲した。釣りによる捕獲は 2006 年 4 月 29 日～5 月 7 日までの 9 日間、河川中流域から下流域で行い、網による捕獲は 2006 年 5 月 9～11 日（1 箇所、1.0m×28.1m、網目 40mm）及び 2007 年 5 月 1 日～23 日（2 箇所、1.0m×28.1m、網目 40mm、1.0m×20.0m、網目 45mm）に河川上流域で行った（図 4）。網による捕獲は図 5 に示した定置網を用い、遡上する魚を川岸の魚道から通過させることで、産卵後に降下したイトウのみを対象とした。2006 年は釣り・網によりそれぞれ雌雄 1 個体ずつの計 2 個体、2007 年は網により雄 3 個体、雌 2 個体の計 5 個体を捕獲した（表 1）。

産卵期以外での雌雄の判別は難しく、産卵期における他水系のイトウは雄に婚姻色がはっきりと呈されることで判別ができる（木村 1966）。しかし、本水系のイトウにはそれがないため、以下の特徴を基に判別を行った。雌の場合、腹部を軽く絞ると産卵に使われなかった卵が排出された。雄の場合は、江戸（2002）によると雌を獲得するために互いに競争をするため、雄同士の争いにより背鰭から尾鰭にかけて側面の鱗が欠損していたり、体に傷があった。

1-4-3 発信器の装着

捕獲した魚に装着実験と同様の麻酔処理を施し、2006年の2個体にはそれぞれ背鰭前端下部と背鰭後端下部の外部、2007年の5個体には腹腔内の内部に、発信器を外科的手術により計7個体に装着した（付録1写真）。

外部装着では、麻酔が完全に効いたことを確認した後、採鱗を行い、手術台に乗せて暈針を装着部位に通し、魚体にケーブルタイを貫通させて発信器を固定した。魚体を発信器との摩擦から保護するため、装着用の土台（シリコン板、発砲ゴム板）を作成し、ケーブルタイで発信器と魚体が直接触れないように土台を接着した。貫通部の化膿を防ぐため、魚体に触れるケーブルタイと土台に化膿止め用抗生物質を塗布した。また、イトウの遊泳行動を妨げず、障害物に当たらないよう、発信器を魚体表面に出来る限り密着させた。内部装着の手順は装着実験の通りである。

発信器の装着を終えた個体は体長・尾叉長・全長・体重を測定した。装着後、すべての個体において籠（60cm×60cm×1m）内で1時間以上の馴致を行った。麻酔槽から引き上げてから籠に戻すまでの作業に2分程度を要した。麻酔の影響から十分に回復したことを確認して捕獲地点付近で放流した。

1-5 実験魚の追跡方法

1-5-1 設置型受信機による追跡方法

2006年は7箇所、2007年は20箇所に受信機を、土嚢、ロープ、係留ブイを用いて設置した（図6, 7）。定点に設置することにより、標識魚の位置が特定された。また、受信機を複数台設置することにより、時系列で移動の追跡ができた。設置場所は後述のカヌーを用いた追跡方法の結果を元に、適宜変更した（表3）。

1-5-2 カヌーによる追跡方法

設置型受信機では点の情報しか得られないため、移動の詳細を把握することは困難であ

る。とりわけ、受信機を1台のみ設置していても、イトウが河川の上・下流のどちらへ移動したのか判別できない。そこで、受信機の新設置区間を補うため、また、リアルタイムでイトウの追跡を可能にするために受信機をカヌーに取り付け、河川内を移動しながら曳航した。得られた結果は、設置型受信機では判断できない上・下流のどちらか、非設置区間のどこかを特定するために用いた。受信機曳航中は、GPS 受信機(GERMIN 社製 etrex LEGEND)により位置を記録し、受信のあった位置を標識魚が存在する位置とした。曳航はエリア3から6の間で適時行った。

1-6 取得データの解析方法

国土地理院の2万5千分の1地形図を使用し、3D 地図ナビゲータソフト(SUGIMOTO Tomohiko 作成 カシミール3D)を用いて受信機間の距離を計測した。降下時における距離・時間をそれぞれ降下距離・降下時間とし、放流地点から産卵後の降下行動が終了する地点までの各受信機の区間及び全区間の降下速度を求めた。産卵後の降下行動の終了は各個体の移動状況により判断した。

設置型受信機の結果から、受信があった場所付近に分布していたと考え、さらに、カヌーの曳航による受信結果からその上下流を特定した。また、1日を1とし、その日に分布するエリアで等分し、月毎及び季節毎の主な分布エリアを推定した。

イトウの活動時間帯を受信機の結果から得るため、各受信機の受信開始時刻と受信終了時刻を求めた。受信開始時刻とは標識魚が受信範囲内に到達した時刻を意味し、受信終了時刻とは長時間受信がなくなる前の最後の受信時刻を意味する。そのため、受信開始時刻と受信終了時刻では、標識魚が距離を問わず移動を行っていたものと判断した。各時刻の抽出は、発信器の最長発信間隔である60秒間隔で3回連続して(180秒間)受信しなかった場合、受信範囲内にいなかったと判断し、専用ソフト(VEMCO 社製 VR2pc)を用いて行った。また、移動速度は、受信のあった2つの受信機間の河川距離と、受信終了時刻から次の受信開始時刻の時間を求め、算出した。

水温・潮汐・降雨に関するデータを受信結果と重ね合わせ、その対応を調べた。水温のデータから月毎の平均水温を算出し、さらに、1日の最高水温と最低水温の差を求め、月毎の平均水温差を算出した。また、受信時の水温は、受信した受信機に係留した水温ロガーの値を使用した。潮汐のデータは、気象庁の釧路支庁釧路観測所（北緯：42度58分 東経：144度22分 潮位表基準面の標高：-89.2cm）で観測されたTP（東京湾平均海面）基準の潮汐観測資料を使用した。降雨に関するデータは、気象庁の釧路支庁太田アメダス観測所（北緯：43度05.5分 東経：144度46.8分 標高：85m）で観測された気象統計情報の降水量を使用した。

表1 標識魚の緒元

個体No.	雌雄	尾叉長(mm)	体重(g)	発信器ID	捕獲・放流日	放流時間
06-01	オス	342	900	9176G	2006/05/03	11:34
06-02	メス	746	4400	9181G	2006/05/10	09:00
07-01	オス	545	1670	1039353	2007/05/09	08:00
07-02	メス	762	4540	1039354	2007/05/09	08:03
07-03	メス	770	3870	1039355	2007/05/09	08:03
07-04	オス	522	1430	1039356	2007/05/10	10:07
07-05	オス	576	1670	1039357	2007/05/13	06:43

表2 装着実験における各個体と所要時間

No.	尾叉長(mm)	体重(g)	縫合方法	所要時間
1	654	3190	なし	46秒
2	613	2650	糸縫い	1分29秒
3	533	1850	なし	20秒
4	538	2000	生体ホッチキス	43秒

表3 受信機と水温ロガーの設置期間と場所

(a) 2006年

水温ロガー	St.	設置期間	設置エリア
○	1	4/28-11/1	6
	2	5/7-12/5	5
○	3	4/29-12/5	5
	4	7/25-9/8 9/12-11/1	5
○	5	5/7-12/4	4
○	6	4/25-12/4	4
○	7	4/25-11/1	3

(b) 2007年

水温ロガー		St.	受信機		設置エリア
5-6月	7-11月		設置期間	設置期間	
		1	5/9-7/10	10/30-11/25	6
○	○	2	4/30-7/10	10/27-11/25	5
		3	4/30-7/10	7/11-11/25	5
		4	5/24-7/8	10/30-11/23	5
		5	5/24-7/8		5
		6	5/24-7/10	7/11-11/25	5
		7	4/30-7/10		4
		8	4/30-7/9	11/4-11/24	4
○	○	9	4/29-7/9	7/11-11/24	4
		10	4/29-7/9	11/4-11/24	4
		11	5/22-7/9		4
		12	4/29-5/22		4
		13	5/22-7/9	7/11-11/24	3
	○	14	7/12-8/23	8/25-11/23	3
		15		11/4-11/24	3
○		16	4/29-7/8	11/5-11/23	3
		17	4/29-5/21	11/4-11/23	2
		18	4/29-5/23	11/2-11/23	2
		19	5/9-5/23	11/2-11/23	2
		20	11/2-11/23	11/2-11/23	2

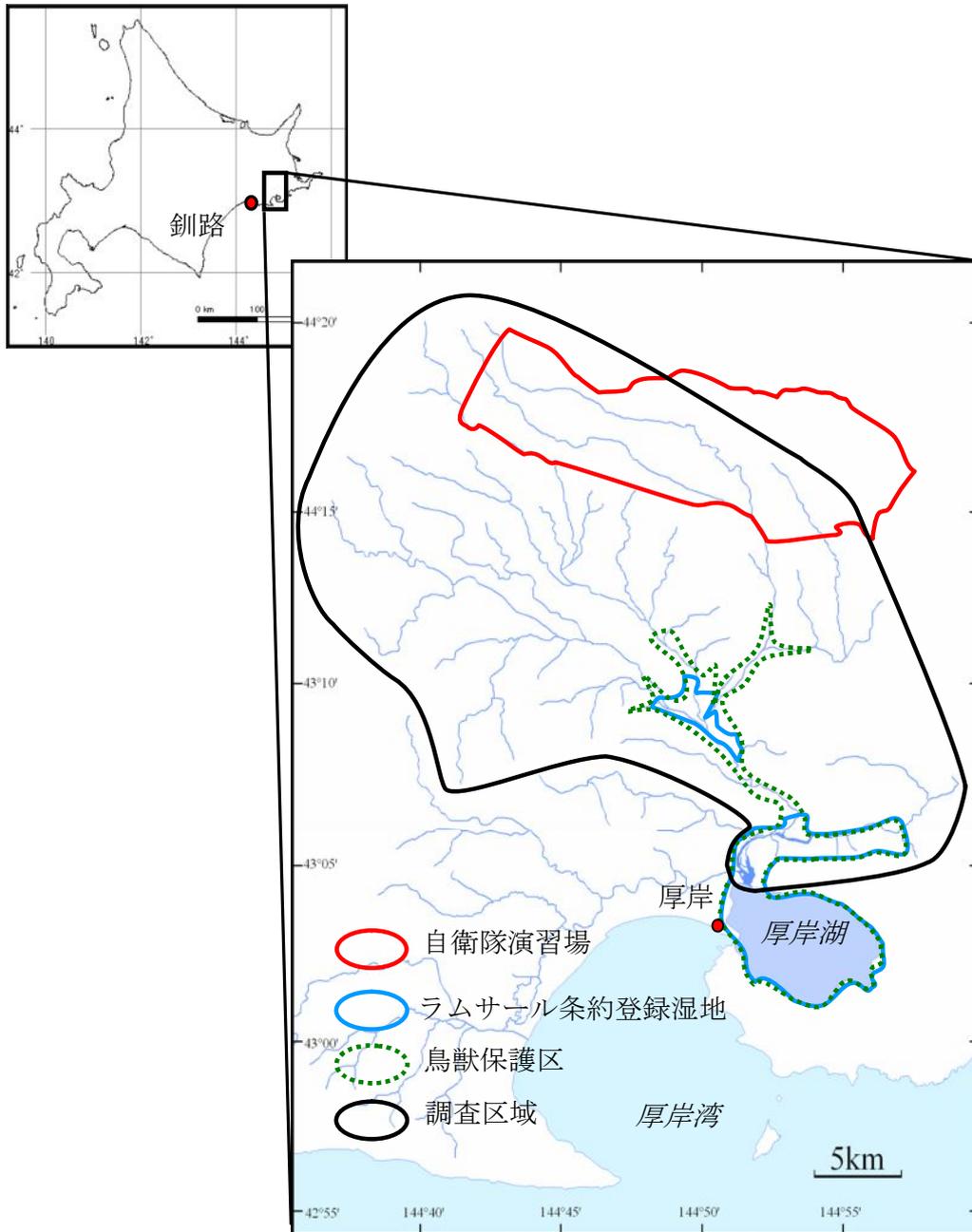


図2 調査区域と周辺環境

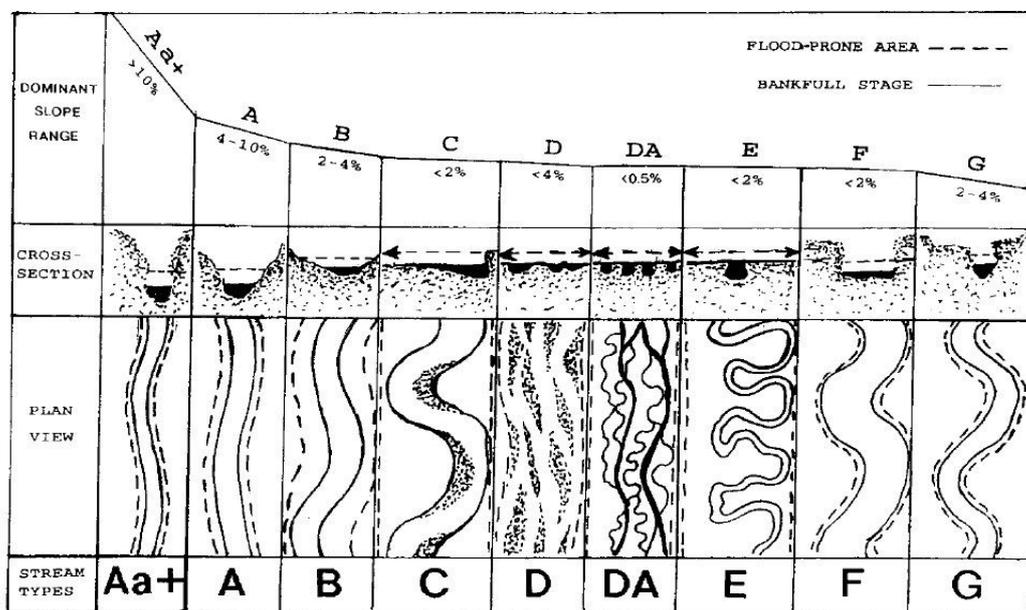


図3 河川の形態に基づく分類方法 (Rosgen 1994 より抜粋)

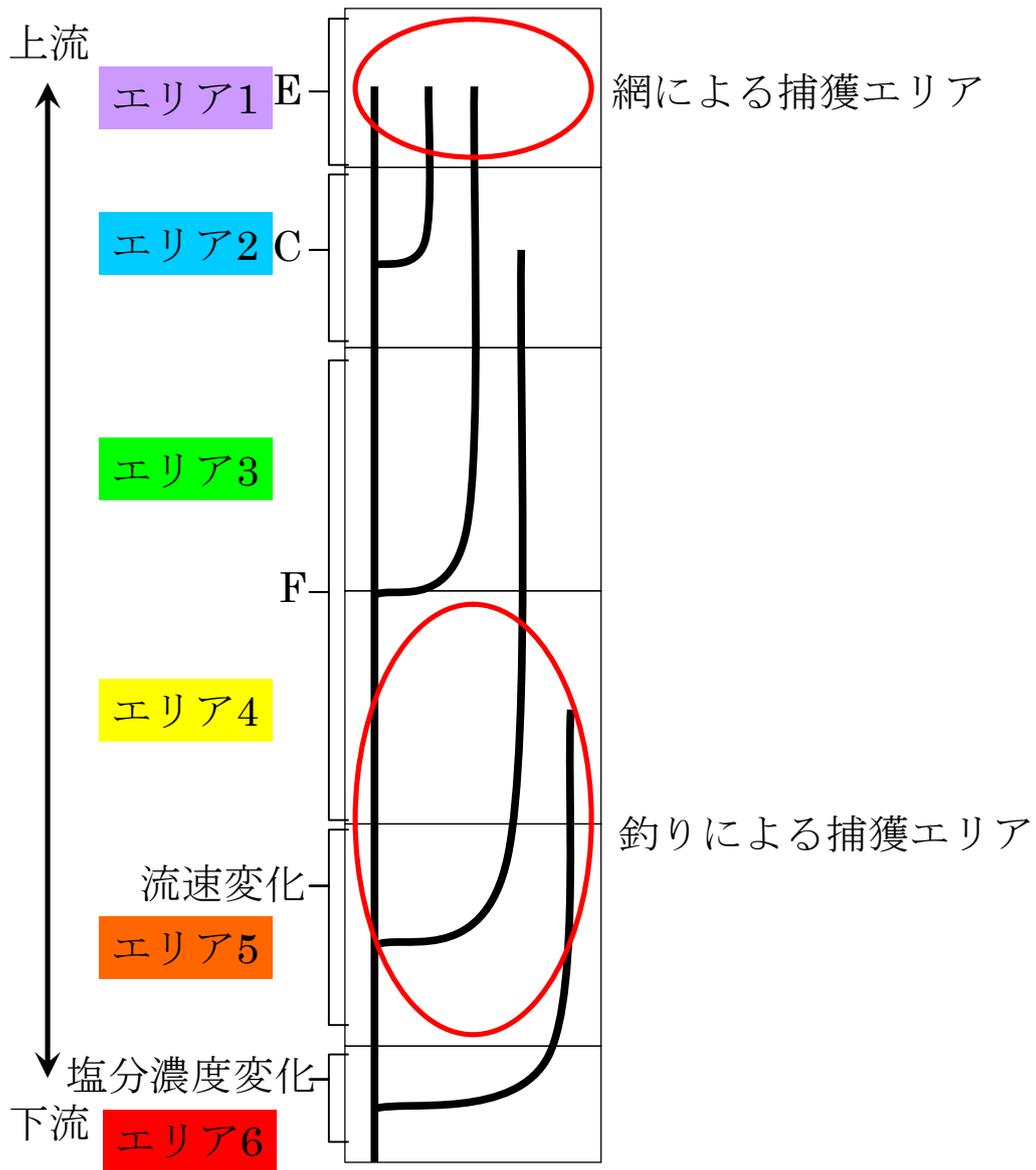


図4 河川分割と捕獲場所の模式図 (アルファベットは Rosgen の分類)

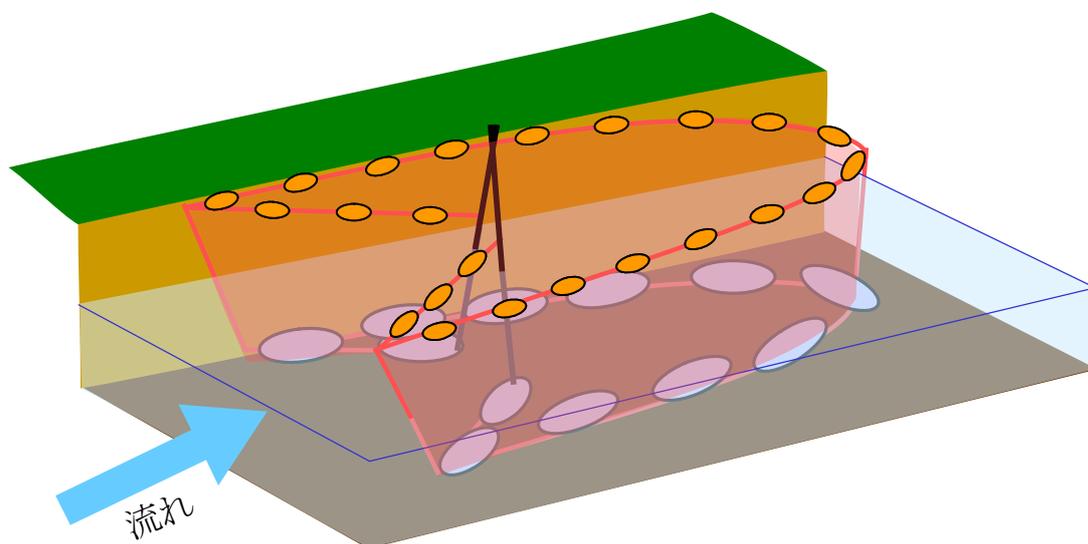


図5 網の模式図（上）と設置した網（下）

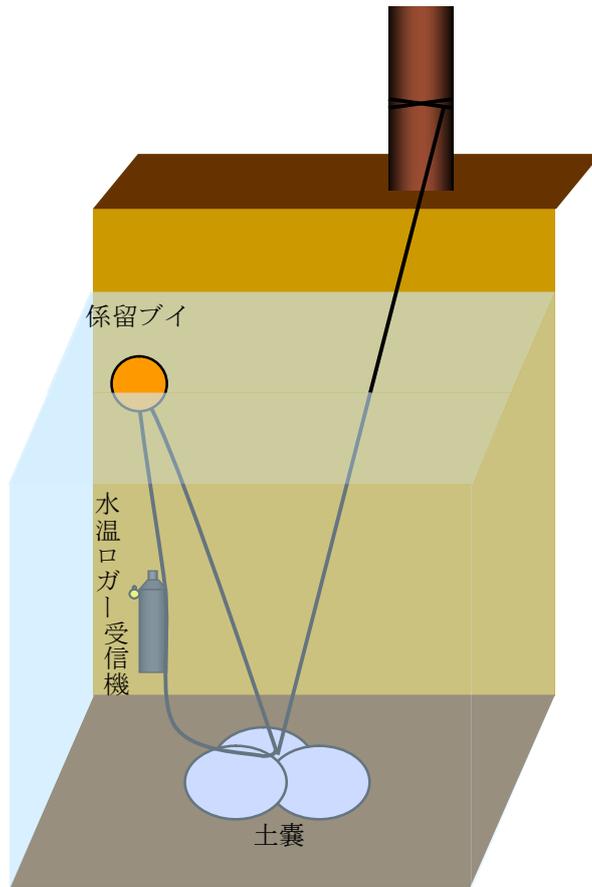


図6 受信機の係留方法（上）と設置した受信機（下）

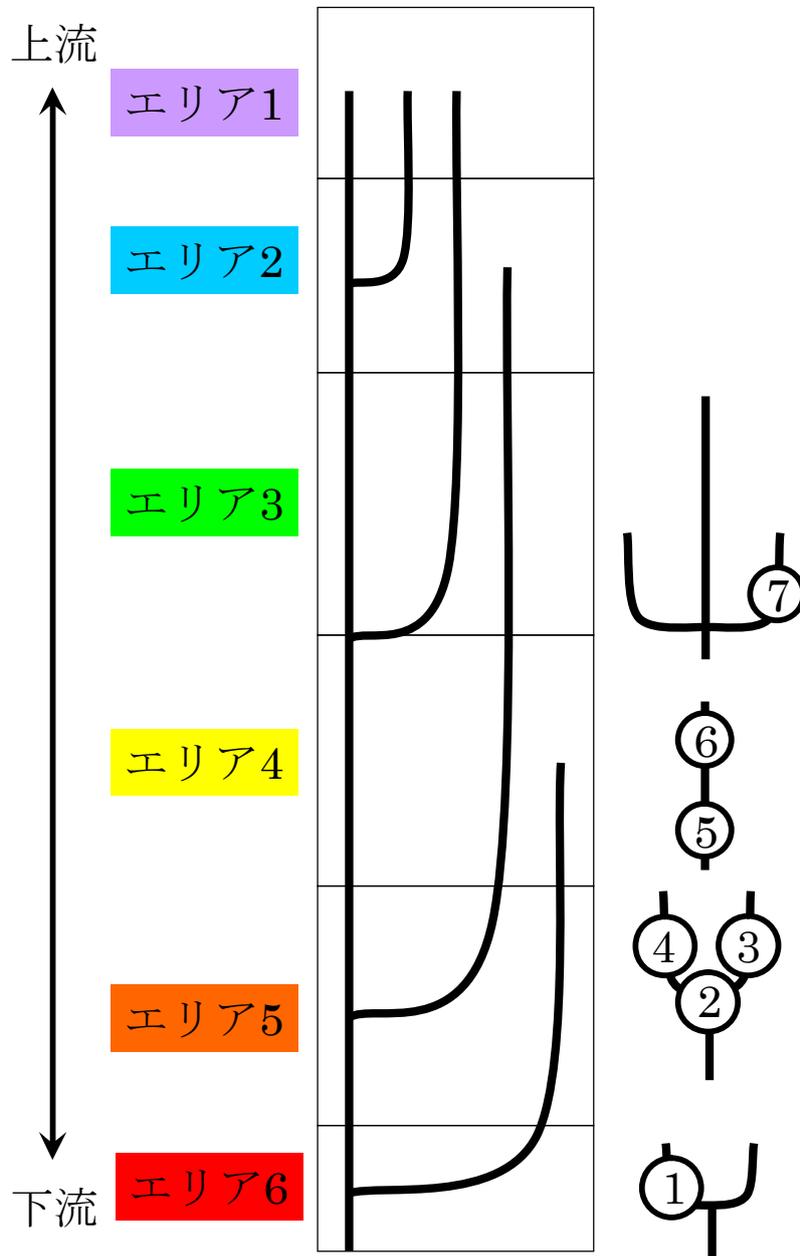


図 7-a 2006 年の受信機設置場所 (○内の数字は St.ナンバー)

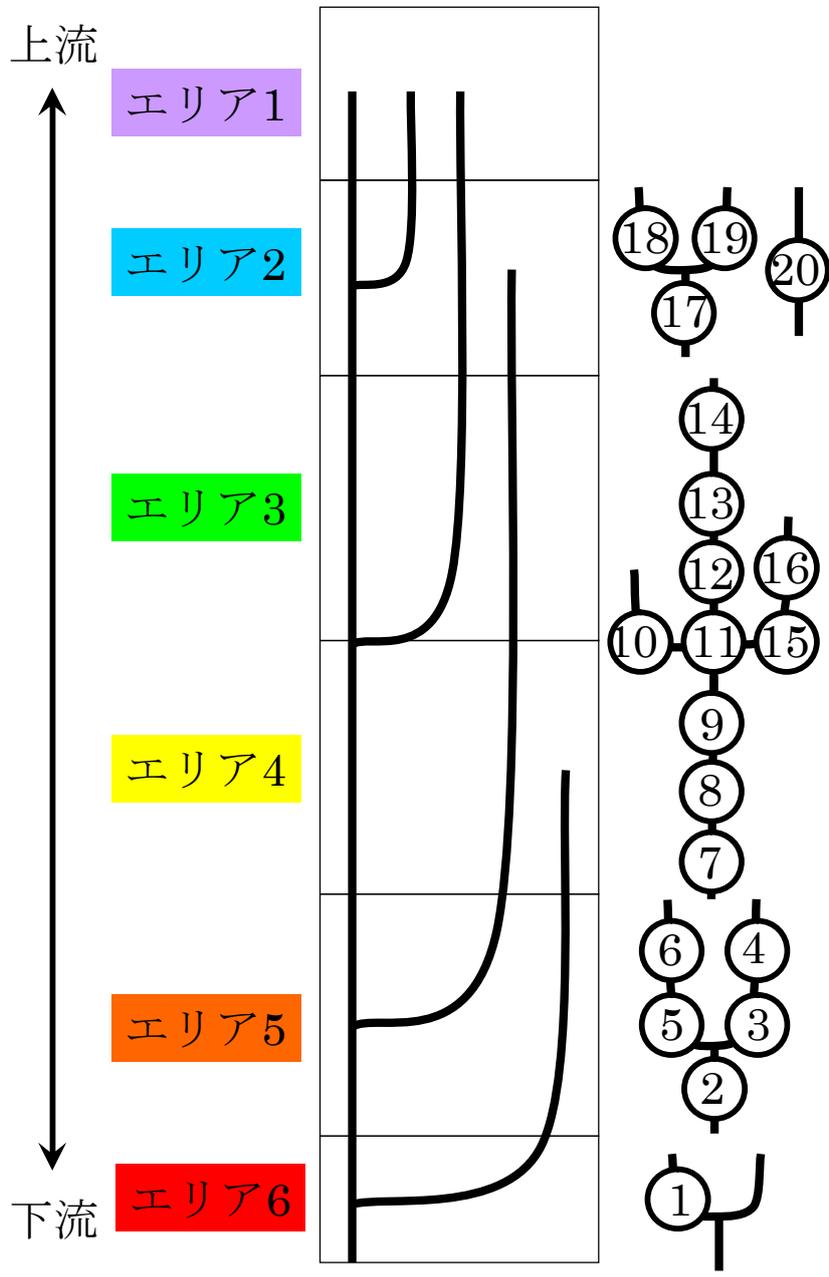


図 7-b 2007 年の受信機設置場所 (○内の数字は St. ナンバー)

2章 結果

受信機の回収は全ての受信機において行われ、回収した受信機からデータを読み出した。その結果、放流した全個体の受信が確認され、受信回数は 2006 年に 130 回、2007 年に 37,683 回であった。

2-1 産卵後の降下行動

発信器装着後に降下行動した 6 個体について、降下行動の区間毎の経過時間(h)及び速度(km/h, BL/s : 体長/毎秒)を表 4 に示した。これら 6 個体は全て網により捕獲した個体であり、すべての個体において外見・生殖腺・腹部の触感から産卵後と判断した。降下行動の終了は以下のように判断した。

No.06-02 : St.7 で受信した後、St.6 以下で受信しなかったため、放流点から St.7 までの移動を降下行動とした。

No.07-01 : 放流地点から St.3 までの受信機で受信した後、St.3 から他の受信機への移動が約 800 時間の間なかったため、放流点から St.3 の最初の受信までを降下行動とした。

No.07-02 : 放流地点から St.12 までの受信機で受信した後、St.12 で約 32 時間受信し、継続して St.12 付近で受信したため、放流地点から St.12 の最初の受信までを降下行動とした。

No.07-03 : 放流地点から St.7 までの受信機で受信した後、St.7 付近からの他の受信機への移動が約 76 時間見られなかったため、放流地点から St.7 の最初の受信までを降下行動とした。

No.07-04 : 放流地点から St.12 までの受信機で受信した後、St.12 で断続的に約 243 時間受信したため、放流地点から St.12 の最初の受信までを降下行動とした。

No.07-05 : St.17 で受信した後、St.16 以下で受信しなかったため、放流点から St.17 まで

の移動を降下行動とした。

降下行動における全個体の平均降下時間は 44.1 ± 29.1 (Mean \pm SD) 時間、平均降下距離は 33.4 ± 12.5 km、平均降下速度は 1.02 ± 0.53 km/h、 0.46 ± 0.21 BL/s であった。No.07-01~04 の産卵後の降下速度 (1.9 ± 1.0 km/h、 1.0 ± 0.6 BL/s) は、産卵後の移動を除いた 1 km 以上移動のあった速度 (降下時 1.3 ± 1.4 km/h、 0.5 ± 0.5 BL/s、遡上時 1.0 ± 1.0 km/h、 0.4 ± 0.4 BL/s) に比べて速いものであった (表 5)。また、中流域に存在する河川合流点 (St.16-9 間) において、No.07-02、07-04 の 2 個体は降下行動を終了し、No.07-01 の 1 個体は他支流へ 100 m 以上の遡上行動をし、約 3 時間その周辺に滞在した。降下行動終了の判断結果から、降下は約 1~2 日で終了し、その後約 3 日その付近に滞在することが得られた。

2-2 降下後の季節移動

2006 年は放流から 6 月下旬までのデータが得られたのみであった。No.06-01 については 2007 年にも同じ場所で受信したが、6 月下旬から翌年 5 月まで受信しなかった。そのため、季節移動の解析には 2007 年のデータを使用し、中でも受信がほとんど得られなかった No.07-05 を除いた No.07-01、No.07-02、No.07-03、No.07-04 の 4 個体の移動データを使用した。放流後から調査終了までの受信状況を、河口からの距離を基準に時系列で図 8 に示した。カヌーによる追跡時に取得した位置情報は、中流・下流域それぞれ 10-100 m、100-500 m の範囲であり、移動と見られる行動はなかったため、その範囲の中央を標識魚の位置とした。また、カヌーによる受信結果を基に設置型受信機の上下流のどちらに分布したかを判断し、降下後の分布を月毎のエリア利用率で算出し表 6、図 9 に示した。各個体の季節変動に伴う移動の詳細を以下に記した。

No.07-01 : エリア 5 へ降下してからはほとんど移動がみられず、春から秋にかけて St.3

から上流約 3km までのエリア 5 内に分布した。

No.07-02 : 降下後から 6 月 15 日まで, エリア 3 と 4 の間に位置する河川合流点付近に分布し, 6 月 15 日を境に合流点より上流のエリア 3 へ移動したが, その後 6 月 28 日から 7 月 22 日までの約 1 ヶ月間は受信がなかった。7 月 23 日から 8 月 20 日では再び合流点付近に分布したが, 8 月 21 日にエリア 5 へ降下した。8 月 21 日から 11 月 13 日まではエリア 5 及びエリア 6 に分布し, 11 月 14 日にエリア 4 へ遡上した。従って, 春はエリア 3 と 4 の合流点付近, 夏はエリア 3, 秋はエリア 5 及びエリア 6 に分布した。

No.07-03 : エリア 5 まで降下した 4 日後にエリア 6 へ降下し, 約 1 ヶ月エリア 6 に分布した。6 月 14 日にエリア 3 とエリア 4 の合流点付近まで遡上し, 6 月 30 日に再びエリア 5 へ降下した。7 月 3 日に再びエリア 3 とエリア 4 の合流点付近へ遡上し, 7 月 22 日にエリア 2 まで遡上した。7 月 24 にエリア 3 とエリア 4 合流点付近まで降下したが, 7 月 25 日から 9 月 4 日までの約 1 ヶ月間, エリア 3 に分布し, 9 月 5 日から 10 月 13 日までの約 1 ヶ月をエリア 3 とエリア 4 の合流点付近に分布した。10 月 14 日にエリア 5 へ降下し, 河川が凍結し始める 11 月下旬の 11 月 25 日までエリア 5 及びエリア 6 で受信した。従って, 春はエリア 5 及びエリア 6, 夏はエリア 2 及びエリア 3, 秋はエリア 3 からエリア 6 に分布した。

No.07-04 : エリア 3 へ降下後, エリア 3 とエリア 4 の合流点付近に分布し, 約 1 ヶ月後の 6 月 16 日にエリア 3 での受信を最後に受信がなくなった。

No.07-03 を除く 3 個体は, 降下後に分布した場所に約 1 ヶ月留まっていた (図 8)。

表 6, 図 9 から春季 (5, 6 月) はエリア 3 からエリア 6 で 100%, 夏季 (7, 8 月) はエリア 3 及びエリア 5 で 86.4%, 秋季 (9, 10, 11 月) はエリア 4 からエリア 6 で 96.3% の分布をした。図 8 より, 9 月ではほとんど移動が見られなかった。また, 標識魚は春から

秋の期間、中上流域から河口域までを生息域や移動ルートとして利用していたことが明らかとなった。

イトウの活動を示す指標として、受信開始時刻と受信終了時刻の1日24時間における頻度分布を図10に示した。受信開始時刻と受信終了時刻に差は見られなかった。1時間当たりの受信数は、春季は夜間(19:00-4:00)46.3回に対し、昼間(4:00-19:00)22.5回と約2.1倍あった。夏季は日の出・日の入り時刻(4:00-5:00, 19:00-20:00)25.5回に対し、それ以外(5:00-19:00, 20:00-4:00)12.9回の約2.0倍あった。しかし、秋季は春季及び夏季と比べて時間帯における変化は見られなかった。また、産卵後の降下行動では、時間帯による移動の差異は見られなかった。

2-3 河川環境とイトウの移動

2-3-1 水温

河川の水温は2007年のSt.2(下流)及びSt.9(中流)のデータを使用した。水温ロガーから取得したデータから、中流域の平均水温及び河口域の平均水温を図11に示した。水温の分布幅は春季(中流:5.9~19.2°C, 下流:6.8~23.1°C), 夏季(中流:10.5~19.8°C, 下流:11.6~25.8°C), 秋季(中流:0.11~18.1°C, 下流:-0.2~21.4°C)であった。平均水温は春季13.5°C, 夏季17.2°C, 秋季10.2°Cであり、夏季の水温が他の季節より高いことがわかった。さらに、下流の方が中流よりも平均水温が春季1.0°C, 夏季2.4°C, 秋季0.9°C高かった(図12)。また、図13から下流で、8月に1日の水温差の平均が4.4°Cあり、他の月より平均1.9°C高いことがわかった。以上より、1年を通じて下流は中流より水温が高く、1日の水温変化も大きく、特に夏にそれらの変動が大きくなることがわかった。

図14から、受信時の水温は全ての期間で3.6°Cから17.1°Cの間であり、夏季の下流での受信はなかった。

図15のように下流の水温が1日に19°Cから23°Cの変動のあった期間(2007/6/13-15)に、下流域に分布していたNo.07-01が約2km上流へ、河口域に分布していたNo.07-03

が約 13km 上流へ移動した結果が得られた。また、No.07-03 は河川水面が凍結し始めている 11 月 25 日に移動が見られた。

2-3-2 潮汐との対応

2006 年 6 月の No.06-01 の受信結果は 2006 年 6 月の潮汐との対応とみられる結果が得られた。2006 年エリア 5 (St.2) の 1 点における 6 月 11 日から 15 日までの No.06-01 の受信時刻と釧路での潮位を図 16 に示した。No.06-01 の受信は夜間の満潮時に受信され、決まった場所で日毎に満潮の時刻が遅くなっていることに対応して受信時刻も遅くなった。

表4 各標識魚の放流から降下終了までの区間ごとの経過時間と速度

個体No.	区間 距離(km)										放流から 降下移動 終了まで														
	放流-St.7 15.9	St.7-St.8 14.8	St.8-St.9 1.08	St.9-St.10 0.58	St.10-St.11 8.3	St.11-St.12 4.1	St.12-St.13 11.3	St.13-St.14 1.6	St.14-St.15 0.74	St.15-St.16 0.41		St.16-St.17 1.44	St.17-St.18 2.7	St.18-St.19 3.8	St.19-St.20 1.28	St.20-St.21 0.87	St.21-St.22 3.0	St.22-St.23 2.81	St.23-St.24 1.11	St.24-St.25 3.1	St.25-St.26 2.66	St.26-St.27 1.55	St.27-St.28 2.05	St.28-St.29 3.4	St.29-St.30 4.0
06-02	時間(h)	14.8	1.08	0.58	8.3	4.1	11.3	1.6	0.74	0.41	1.44	2.7	3.8	1.28	0.87	3.0	2.81	1.11	3.1	2.66	1.55	2.05	3.4	4.0	14.8
	速度(km/h)	1.08	0.58																						1.08
	速度(BL/s)	0.58																							0.58
07-01	時間(h)	20.5	33.4	0.61	0.34	8.3	4.1	11.3	1.6	0.74	1.44	2.7	3.8	1.28	0.87	3.0	2.81	1.11	3.1	2.66	1.55	2.05	3.4	4.0	56.6
	速度(km/h)			0.61	0.34																				0.83
	速度(BL/s)			0.34	0.34																				0.46
07-02	時間(h)	15.9	1.28	0.51	3.0	2.81	1.11	3.1	2.66	1.55	2.05	3.4	4.0	14.8	1.08	0.58	8.3	4.1	11.3	1.6	0.74	1.44	2.7	3.8	22.5
	速度(km/h)																								1.64
	速度(BL/s)																								0.65
07-03	時間(h)	33.0	0.62	0.25	18.3	1.12	0.65	90.8	0.23	0.12	34.4±28.9	0.82±0.40	0.41±0.21	5.3±4.0	2.0±0.8	2.30±0.94	1.18±0.48	0.99±0.48	3.5±0.0	1.32±0.01	2.11±1.44	1.85±2.22	1.36	1.02±0.53	
	速度(km/h)																								0.76
	速度(BL/s)																								0.46±0.21
07-04	時間(h)	18.3	1.12	0.65	90.8	0.23	0.12	34.4±28.9	0.82±0.40	0.41±0.21	5.3±4.0	2.0±0.8	2.30±0.94	1.18±0.48	0.99±0.48	3.5±0.0	1.32±0.01	2.11±1.44	1.85±2.22	1.36	1.02±0.53	0.76	0.46±0.21	23.8	
	速度(km/h)																								1.55
	速度(BL/s)																								0.61
07-05	時間(h)	90.8	0.23	0.12	34.4±28.9	0.82±0.40	0.41±0.21	5.3±4.0	2.0±0.8	2.30±0.94	1.18±0.48	0.99±0.48	3.5±0.0	1.32±0.01	2.11±1.44	1.85±2.22	1.36	1.02±0.53	0.76	0.46±0.21	23.8	1.55	0.61	90.8	
	速度(km/h)																								0.23
	速度(BL/s)																								0.12
	平均経過時間(h)	34.4±28.9	0.82±0.40	0.41±0.21	5.3±4.0	2.0±0.8	2.30±0.94	1.18±0.48	0.99±0.48	3.5±0.0	1.32±0.01	2.11±1.44	1.85±2.22	1.36	1.02±0.53	0.76	0.46±0.21	23.8	1.55	0.61	90.8	0.23	0.12	44.1±29.1	
	平均速度(km/h)																								1.36
	平均速度(BL/s)																								0.76

表5 産卵後の降下速度と産卵後以外の遡上時と降下時の移動速度

	No.07-01	No.07-02	No.07-03	No.07-04	平均
産卵後降下速度(km/h)	1.94 ± 1.14	2.11 ± 0.79	1.28 ± 0.89	2.61 ± 1.05	1.90 ± 1.02
移動降下速度(km/h)	0.59 ± 0.80	1.05 ± 1.03	1.69 ± 1.56	0.64 ± 0.63	1.30 ± 1.36
移動遡上速度(km/h)	0.40 ± 0.65	1.01 ± 0.80	1.12 ± 1.21	0.54 ± 0.61	0.95 ± 1.02
産卵後降下速度(BL/s)	1.08 ± 0.63	0.84 ± 0.31	0.51 ± 0.35	1.52 ± 0.62	0.96 ± 0.61
移動降下速度(BL/s)	0.33 ± 0.45	0.38 ± 0.41	0.67 ± 0.62	0.37 ± 0.37	0.53 ± 0.54
移動遡上速度(BL/s)	0.22 ± 0.36	0.40 ± 0.32	0.44 ± 0.48	0.31 ± 0.35	0.39 ± 0.41

表6 月毎のエリア利用率：1日の1個体の合計を1とし、各個体の分布エリアの合計を表し、月毎の全体に対する割合を算出した。

エリア	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
1	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2	0.00	0.00%	5.50	5.91%	0.00%	0.00%	0.00%
3	19.00	23.15%	24.83	23.43%	48.33	51.97%	40.00
4	22.00	26.80%	37.17	35.06%	6.33	6.81%	13.50
5	27.58	33.60%	31.17	29.40%	32.83	35.30%	39.50
6	13.50	16.45%	12.83	12.11%	0.00	0.00%	0.00
	82.08	106.00	93.00	93.00	90.00	93.00	74.00

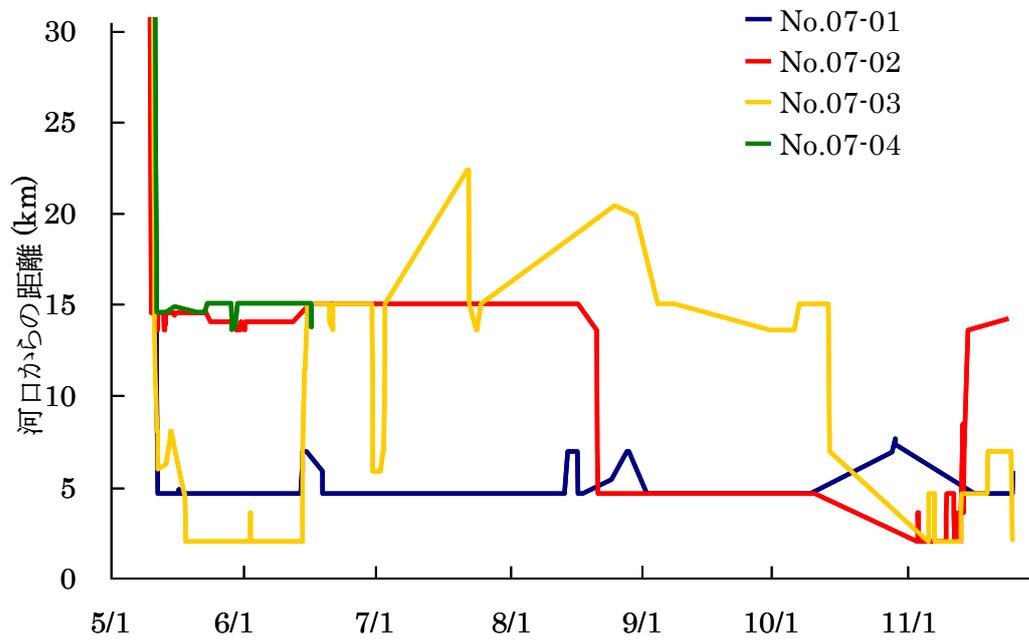


図8 産卵後から河川凍結までの期間における各個体の河口からの距離

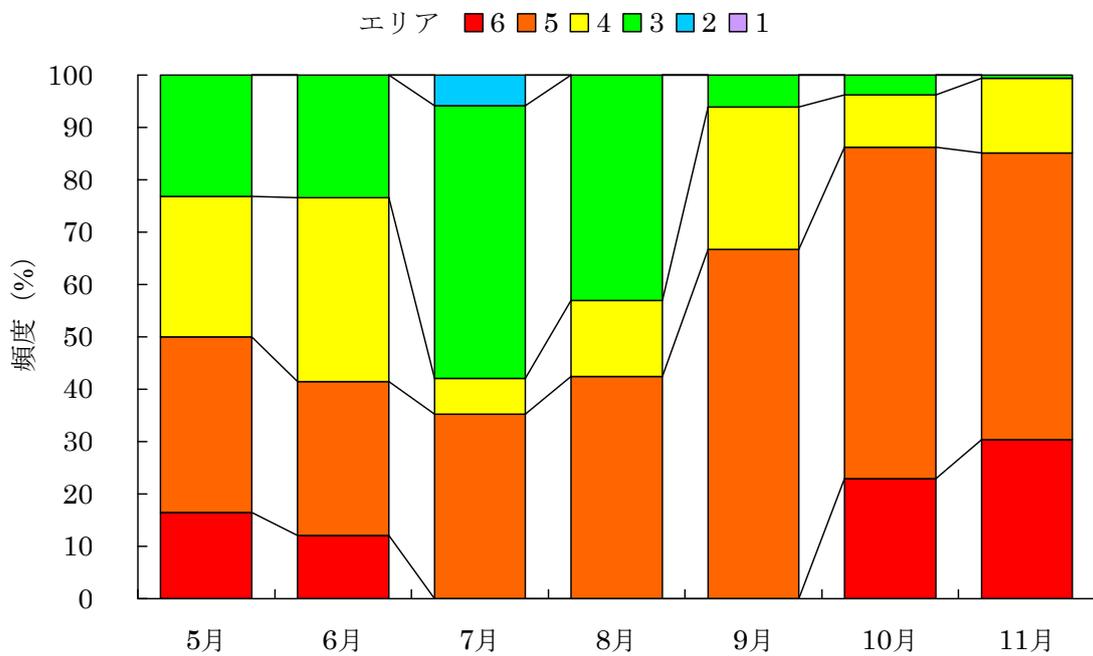


図9 月毎のエリア利用率の推移

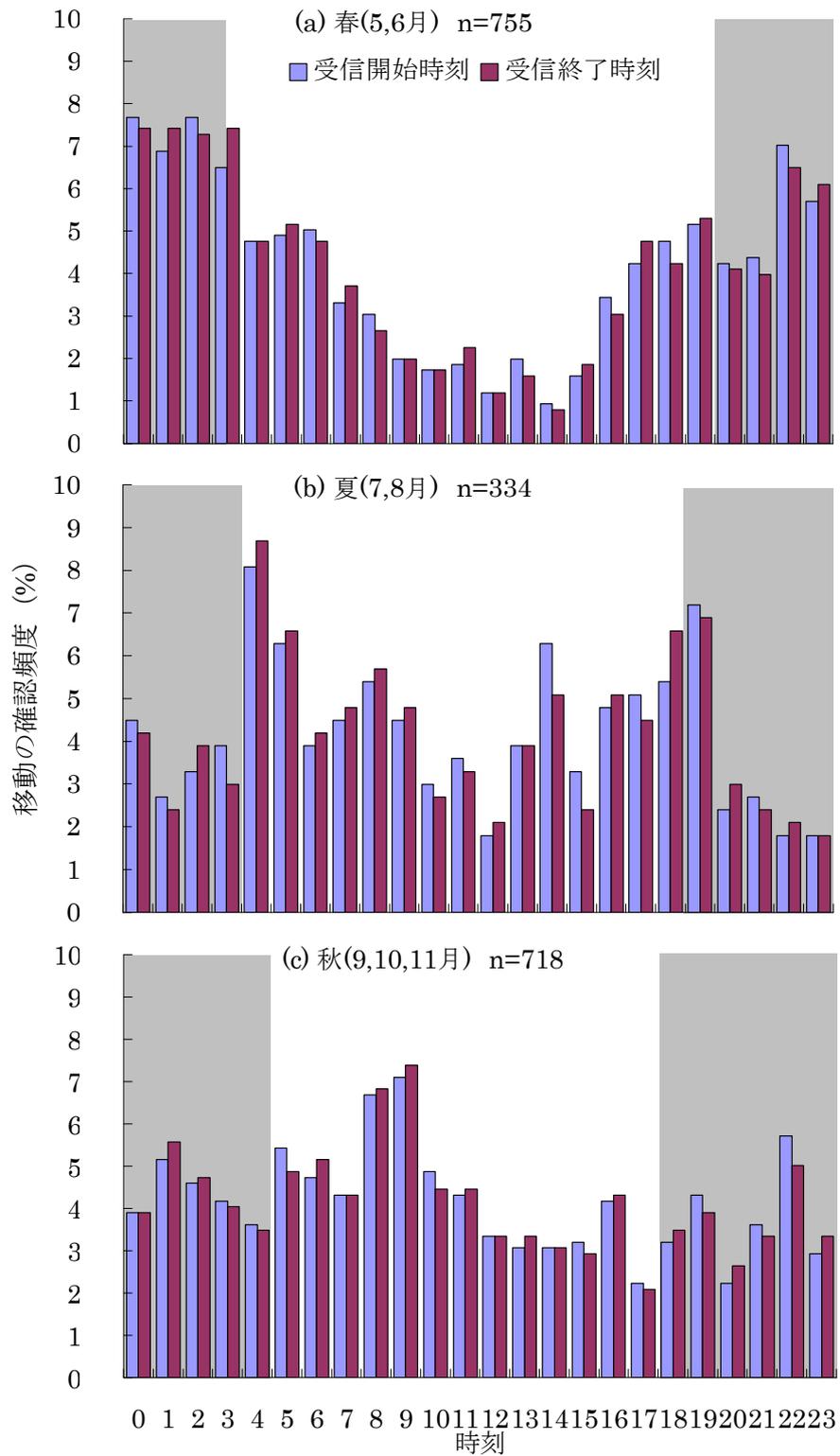


図 10 受信開始及び終了時刻による 2007 年の 4 個体の季節毎の活動時間帯の推定

(暗い部分は夜間)

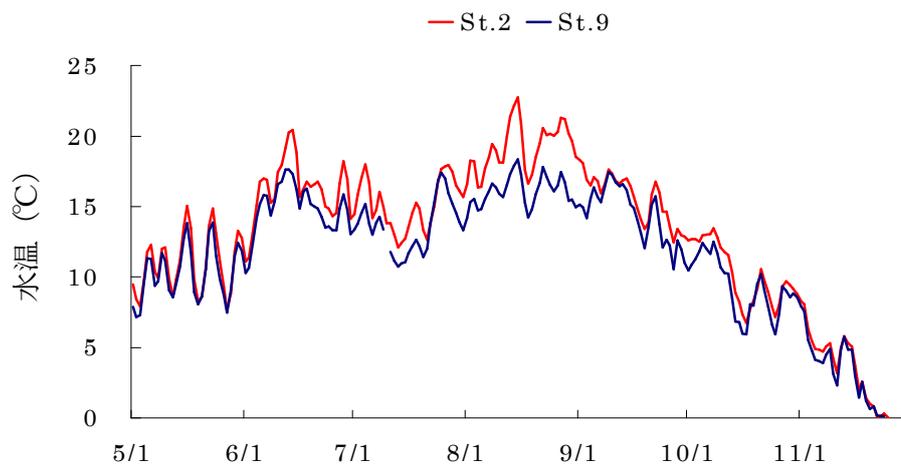


図 11 St.2 (下流) と St.9 (中流) における 1 日の平均水温

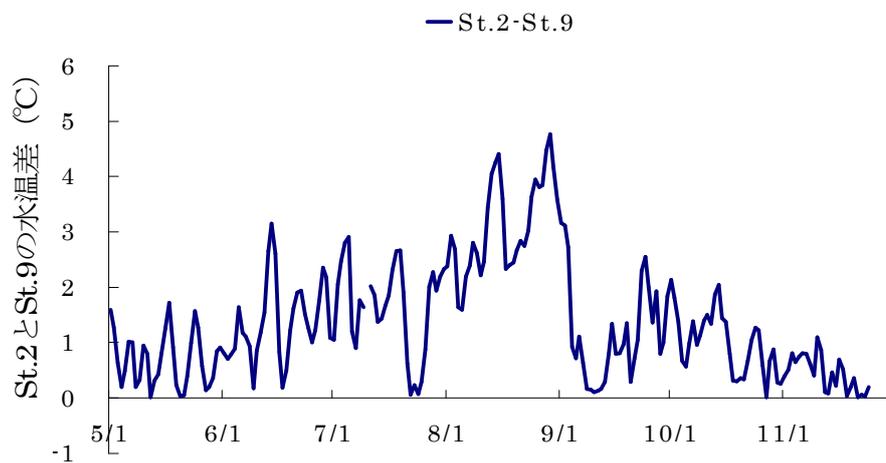


図 12 St.2 と St.9 の水温差

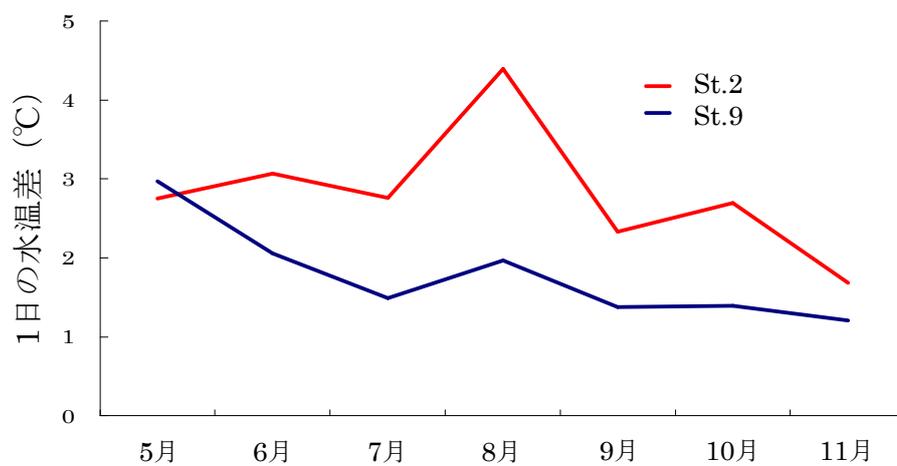


図 13 各月における 1 日の水温差の平均

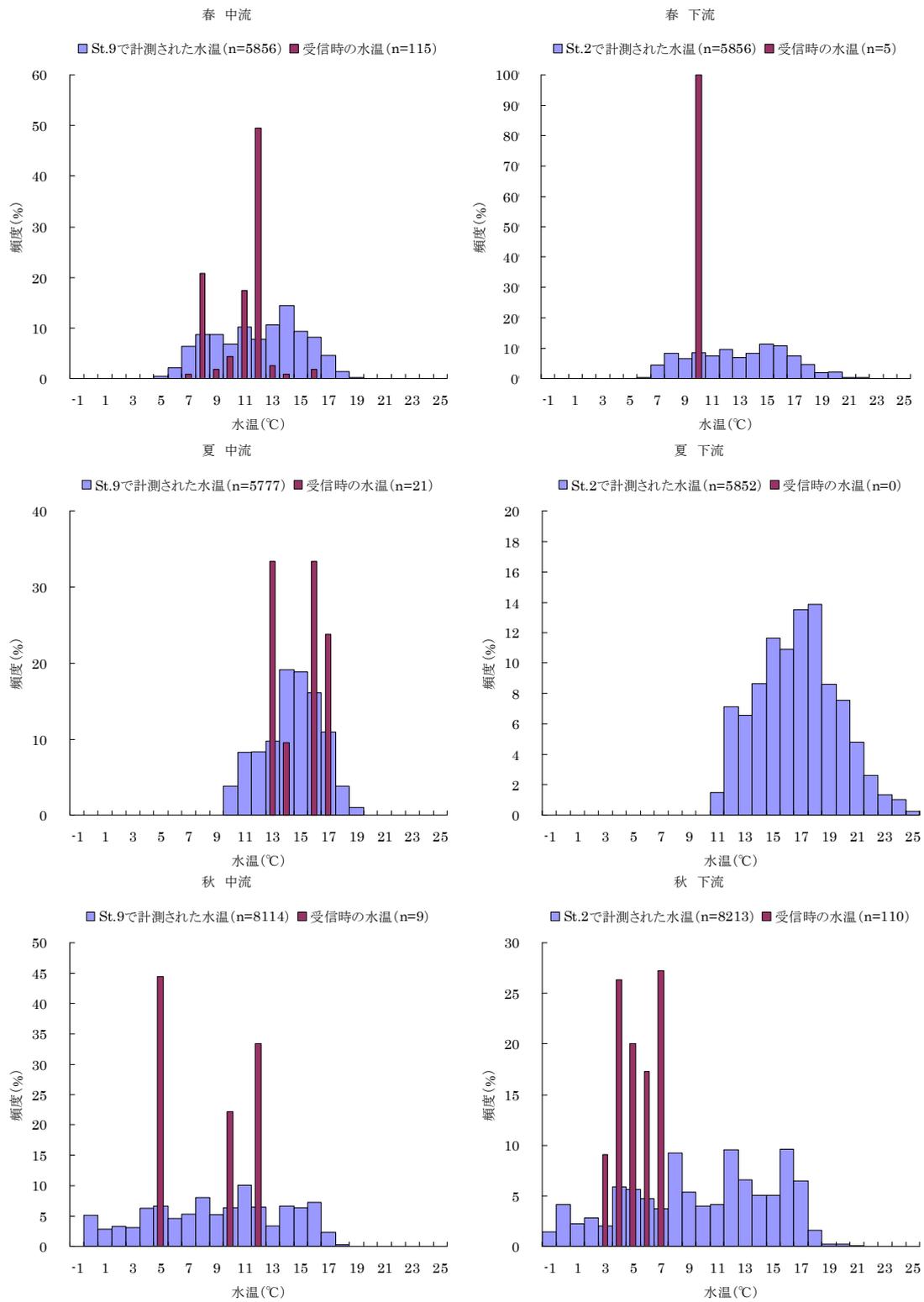


図 14 季節毎の中流・下流における計測水温と受信時の水温の頻度分布

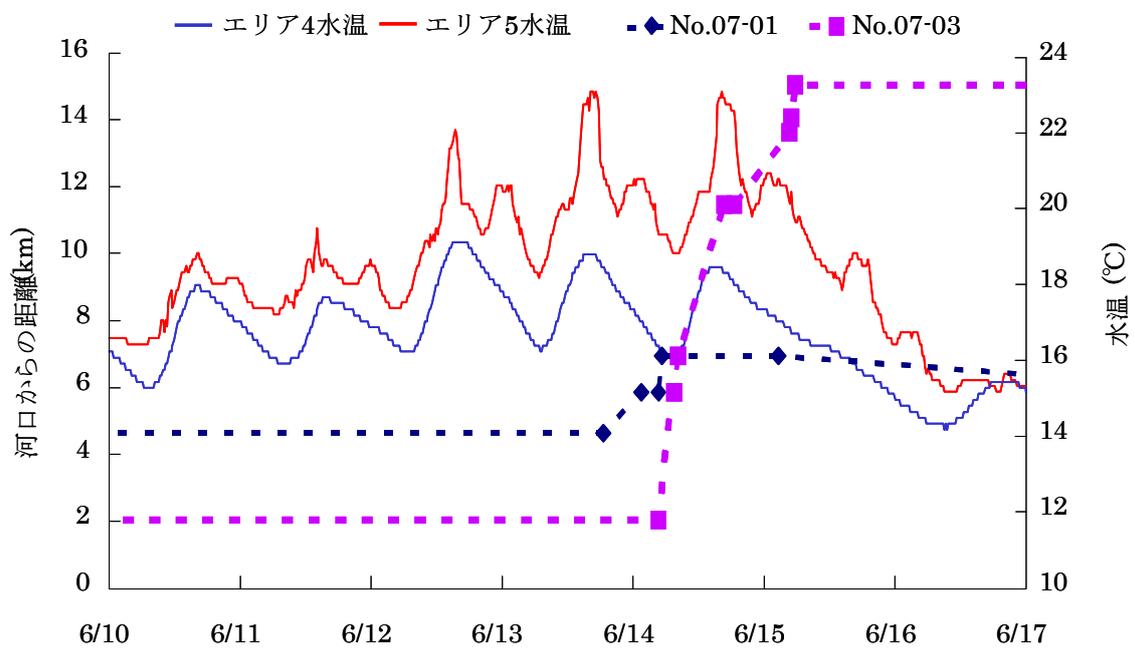


図 15 6月13日から15日における2個体の移動と水温変化との対応

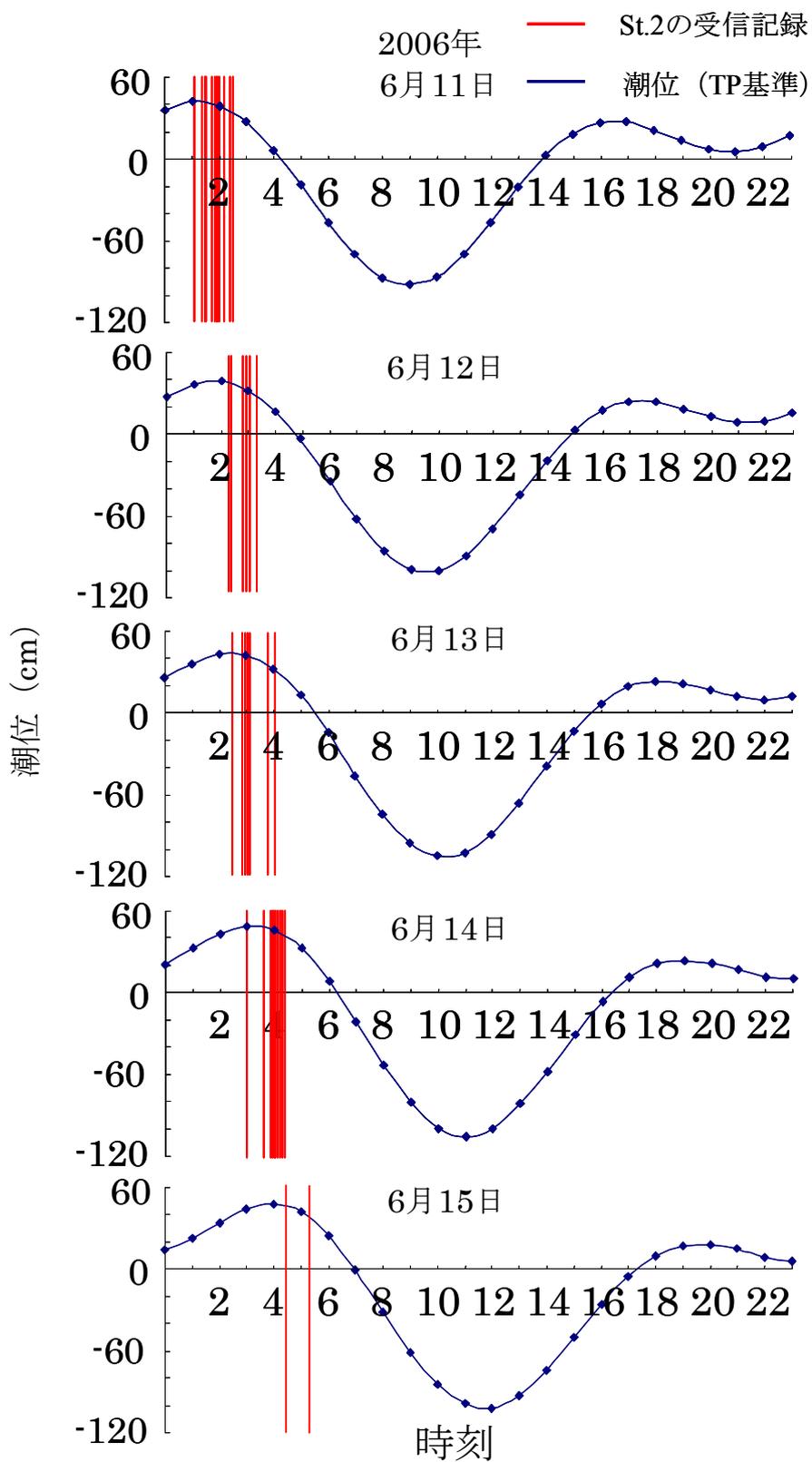


図 16 潮汐と受信時間の対応 (2006年6月11-15日)

3章 考察

3-1 産卵後の降下と分布域

春の産卵後にエリア1の上流域に残る個体が確認されず、標識魚はエリア3から下流に生息が確認されたことから、本水系における産卵直後のイトウが降下終了する場所は中流域から下流域の河川内であったと考えられる。これは、産卵河川の上流域にはイトウの稚魚が確認されること(江戸 2002, 著者 私信)、稚魚が成長すると共に下流方向への分散をすることから(江戸 2002)、稚仔魚と親魚の住み分けが行われている可能性が考えられた。このような住み分けは、共食いを回避するためと考えられ、イトウの1歳魚が当歳魚を共食いしていた報告があり(佐川ほか 2003)、他魚種においてもスケトウダラ (*Theragra chalcogramma*) 等の魚食性の強い魚種で多く確認されている(Yamamura et al. 2001, 志田 2002)。また、イトウは生息に被覆樹林や水底面積の大きい淵が必要とされていることから(佐川ほか 2002)、上流域では成魚の体サイズに対し、水底面積や被覆樹林が限られるため、河川規模の大きくなる中流・下流域に降下すると考えられる。

本調査水系の下流域では、キュウリウオ (*Osmerus eperlanus*)、イトヨ (*Gasterosteus aculeatus*)、シラウオ (*Salangichthys microdon*)、シシヤモ (*Spirinchus lanceolatus*)、ヌマガレイ (*Platichthys stellatus*) など、イトウの餌生物とされる魚類が生息するため(岡田ほか 1981, 川村ほか 1983, 山口 2001, Kume et al. 2005, 厚岸町 2007)、下流への移動は餌生物も関わりと推察された。サケ科魚種の産卵では、産卵床となる場所を選定し、尾鰭で穴を掘って産卵を行う。産卵後に再び尾鰭で卵に砂利をかぶせる。1回の産卵期間で死亡する種も存在し(井田・奥山 2000, 帰山 2004)、イトウも同様にして産卵するため(江戸 2002)、産卵を終えたイトウは相当の体力を消耗していたと考えられる。そのため、産卵後のイトウは消耗した体力を回復させるために、休息地と餌場を同時に手に入れる必要がある。従って、産卵降下後の生息域に移動してから3日間の内に、1日に1km以上の移動をしなかったことは、産卵後の降下後は休息或いは索餌していた可能性が考え

られた。

No.07-01～04 の降下速度は、産卵後の移動以外の速度に比べて速いものであった。さらに、これらの降下移動中、調査水域の河川内の中流から下流で、産卵遡上中のキュウリウオが100mほどの範囲で目視による確認ができるほどの群れを作り、多数存在していた。それにもかかわらず降下速度に変化がなかったことから、降下中はキュウリウオを捕食対象としないか、もしくは長時間魚群の周辺に滞在することはなく、下流への移動を優先していたことが考えられた。以上から、イトウの産卵後の降下行動は、移動中の索餌よりも休息を優先したことが推測される。

2007年のほとんどの個体が降下後に約1ヶ月その付近に留まっていたこと、No.06-01が放流後から約1年後に同じエリア内でのみ受信されたことから、イトウは必ずしも常時回遊を行うわけではないということが示唆された。井田・奥山(2000)は、体の構造の観点からも長期遊泳に適さないと報告している。また、中流域の河川合流点で別の支流に遡上した、或いは降下行動を終了した個体が確認されたことも、広範囲の探索を行わずに索餌を行える、有利な環境を探しながら降下していた可能性が考えられた。

以上より、産卵後はすぐに中流域から下流域に降下し、分布場所は稚仔魚・餌生物との関係により選択されている可能性が考えられた。

3-2 季節移動の誘因

本水系での水温は春・秋季と比べ夏季が高く、夏季は中流と下流の水温差が大きい。また、春季に河口域に分布した個体は夏季に中流域へ移動し、河口域で確認されなかった。さらに、図15から水温との対応も考えられたことから、水温により分布を変えていると考えられる。水温の高い夏季は下流域(最高水温25.8℃)から中流域(最高水温19.8℃)へ移動したこと、受信時の水温から最高水温が17.1℃であったことから、イトウは高水温帯を避けて低水温帯へ移動したことが考えられる。一方、氷の張り始めた河川水温でも移動が見られたことから、低水温の耐性は非常に高いと考えられる。

また、水温が夏季より低い春・秋季では、下流及び河口域に分布したことは、前述のように下流・河口域に餌生物が豊富であると考えられたため、これらを摂餌するために分布した可能性が考えられる。実際にそれらの内、キュウリウオ・ヌマガレイは春季に厚岸湖で漁獲されたイトウの胃内容に含まれていたと報告されている(川村ほか 1983)。さらに、養殖場でのイトウはGSI(生殖腺重量指数)が9月から急激に増加する報告があり(川村ほか 1995)、越冬前の秋季に、次の春季の産卵のためのエネルギーを確保するため、活発に捕食している可能性が考えられた。

以上より、本水系でのイトウの季節移動は、水温により河口域以外へと生息域が制限され、索餌場の存在により生息域を選択した可能性が考えられた。

3-3 イトウの日周行動について

春季の降下後に本種は夜間の移動が多く見られた。本種の夜間の活発な行動に関しては、釣り人らによる経験的な知見や川村ほか(1995)、津田(2006)の報告でも述べられおり、産卵後疲労した個体が、遊泳能力のある逃避行動に優れた前述の餌生物を捕食すると考えるならば、夜間に捕食を行っていた可能性が考えられる。一方、夏季は日出及び日入時刻に移動が見られた。日出及び日入時刻の捕食活動増加は、北海道のニジマスやケネディ湖に生息するベニザケ(*Oncorhynchus nerka*)など、同じサケ科で多く観察されており、昆虫の羽化などの索餌場の生産力の日周パターンとの対応が議論されている(Ghan et al. 1998, Nakano 1999)。また、イトウは水中の生物を主に捕食すると考えられており、特に底生生物を好んで捕食していることから(川村ほか 1983, 佐川ほか 2003)、夏季に増加する昆虫の中でも、落下する陸生昆虫より水生昆虫を好んで捕食している可能性が考えられた。秋季は越冬前の重要なエネルギー確保の時期でもあるため、下流・河口域で昼夜問わず活発に索餌を行っていたのではないかと考えられる。

下流の満潮時の行動の増加については、潮汐に流されるような遊泳能力の低いシラウオや、ドイツのエルベ川で本水系にも存在するニシン(*Clupea harengus*)やキュウリウオ

の行動が潮汐によって影響されることが知られており (Thiel and Potter 2001), これら餌生物を捕食すると考えられるので, 潮汐により移動する餌生物に合わせ, イトウの行動も潮汐に影響していたのではないかと考えられる。従って, 潮汐の影響のある区域でも餌生物に関与している可能性が考えられた。また, イトウは沿岸域で捕獲されるほど塩分耐性の高い魚種であり (Arai et al. 2004, Edo et al. 2005), 塩分濃度の変化のある河口域 (<10‰) での行動制限はないと考えられる。

3-4 今後の展望

3-4-1 イトウを保護するために

本研究で, イトウの河川利用の一部が明らかとなった。産卵後の5月から河川凍結までの11月下旬の間, 春は中流から下流・河口域を生息範囲とする。夏には河口域から上流の方へ川を遡上し, その生息範囲を中流域から上流に移す。秋には再び下流・河口域へと降下する。春の産卵では上流域を利用するため, イトウは上流域から河口域までの河川全域を利用していることがわかった。直接的な保護を行うためには, 季節・時間毎の生息域の変動を考慮に入れた保護計画が必要であると考えられる。

本水系と同じ演習場を上流に持つ風連川水系では, 砂防ダムによる生息域と産卵場の経路の分断により, イトウの深刻な繁殖個体群の減少が指摘されている (野本 2006)。この事例からも, 本種の保護のために, 河川流域内の移動経路 (コリドー) の重要性が指摘されている (江戸 2002)。本研究で明らかにされた産卵以外の移動生態から, 本種の保全を考えるためには, 広範囲のコリドーの確保を行わなければならない。

3-4-2 バイオテレメトリー手法の有効性

広範囲の移動生態を明らかにすることは, 保護という観点から重要な命題となるが, 広範囲を個体識別しながら常時追跡することは困難である。本水系は一年を通じて河川内の魚類を目視観察することは非常に困難であるが, 本研究では超音波テレメトリー手法を用

いることにより、5月から11月下旬までの、イトウの継続した移動情報を個体別に効率よく得ることが出来た。発信器に関しても、内部装着をすることにより、テレメトリー手法で問題となる標識の脱落も避けることができ、特に障害物の多い中流域でもデータ収集が可能となった。

一方、本水系の河川全域に対し、十分な数の受信機を河川内に設置するのは経済的なコストを必要とする。また、中流域より上流では、カヌーによる曳航が困難なほど樹木が存在した。将来的な追跡には、陸上からの追跡方法を検討しなければ正確な追跡やコリドーの特定は難しい。さらに、遠隔追跡であるため、追跡に並行して周辺環境の情報や採捕調査を行わなければ、装着個体が何をしているのかを明らかにすることはできない。そのため、本研究では、受信期間中の移動情報しか知ることができなかった。

以上のように、課題は課せられたが、本研究ではわずか7個体の移動情報で、今まで知られていなかったイトウの春季から秋季を通した生息場所を知ることができ、バイオテレメトリー手法は有益性が高いことが示唆された。また、産卵後から河川凍結までを常時追跡し、定量的データの取得も可能であることが明らかとなった。

3-4-3 今後の課題

本研究では、河川内を重点に追跡したため、河口域に設置した受信機よりも下流の河口域から沿岸での行動は観察できなかった。今後イトウの調査では河口域から沿岸に受信機を設置して調査をすることで、本研究では知ることができなかった塩分が含まれる水域での行動を明らかにすることができると考えられる。

一方で、耳石などの生体に周囲の環境が記録されるような体組織の解析を行うことにより、降海の期間・時季・頻度などが明らかとなる (Arai et al. 2004, Edo et al. 2005)。これらの調査を本水系で並行して進めることにより、より詳細な移動生態も明らかとなるであろう。また、季節ごとの食性を調査することにより、イトウの越夏、越冬或いは次の春の産卵に影響を及ぼす可能性がある摂餌について、関係性が明らかになると考えられる。

テレメトリー手法そのものについても、多様な機器を使うことでより正確な空間利用の解明が期待できる。例えば、電波発信器を用いることにより、超音波よりも詳細な水中の位置特定が可能となり、加速度データロガーを併用することによりイトウの遊泳行動を記録し、生息範囲内の位置と実際の行動との関係性を明らかにすることも可能である。しかし、イトウへの装着の影響を十分に考慮しなければならない。

また、下流の湿原から厚岸湖では降水による COD (Chemical Oxygen Demand : 化学的酸素要求量, 水質の指標として用いられる) の値の変化があることが報告されている (濱原ら 2002)。下流域における COD や塩分濃度などの環境要因がイトウの行動に大きな影響を与えている可能性が考えられるため、これらの変化によるイトウの生理学的知見も必要である。

イトウは年々その資源量を減少させていることから、早急に本種の効果的な保護管理が求められ、その策定にはこれまでの定性的な知見から定量的な移動情報を得ることが重要となってくる。本研究で行った個体数では、定量的な情報とは言い難く、イトウの行動の傾向を知ることはできなかつた。そのため、生態を明らかにするだけでなく、保護のためにも、今後イトウの行動データを蓄積することは非常に重要である。

謝辞

本論文を完成させるに当たり、大変多くの方々に助けて頂きました。心より御礼申し上げます。本研究を行う機会を与えて下さり、また、本研究を始めてから本論文を完成させるまで2年に亘り、有益なご指導とご助言を賜った北海道大学北方生物圏フィールド科学センター宮下和士准教授に謹んで感謝の意を表します。本論文を御査読頂き、さらに、本研究における実験場を貸して頂いた北海道大学北方生物圏フィールド科学センター山羽悦郎教授に深く感謝致します。また、本論文を御査読頂いた、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター本村泰三教授、北海道大学大学院水産科学院梶山雅秀教授、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター山本潤助教に心より御礼申し上げます。

実験魚の提供、飼育等多大の御協力を賜った、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター技術職員の木村志津雄氏に深く感謝致します。調査地の情報や、現地での惜しみないサポートをして頂いた厚岸水鳥観察館学芸員の澁谷辰生氏を始めとする職員の方々に厚く御礼申し上げます。また、厚岸臨海実験所の昨年度退官された向井宏教授、佐野清准教授を始めとする職員の方々には、調査地での生活において心身共にサポートして頂きました。深く感謝致します。調査に関して技術的なサポート、物品の貸し出しを快くしていただいた北海道大学北方生物圏フィールド科学センター岩森利弘助教に深く御礼致します。標識魚捕獲の際の特別採捕許可を取得するに当たり、北海道釧路支庁産業振興部水産課の佐々木裕治氏に大変お世話になり、厚岸漁業協同組合の杉田氏には特別採捕許可申請に対する同意書を頂きました。この場を借りて謝意を表します。文化庁技官の江戸謙顕博士、北海道大学大学院環境科学院の野本和宏氏にはイトウの生態について丁寧にご教示して頂き、また、調査を行うに当たり有益なご助言に深く感謝致します。

研究を始める機会と遂行上で様々なご協力、ご助言を与えて頂き、また、常に私をサポートし、温かく見守って頂きました、長崎大学環東シナ海海洋環境資源研究センター津田裕一博士に心より御礼申し上げます。また、本研究を進めるにあたり、度重なるアイディ

アの提供と惜しみない御協力，研学生活のみならず，今後の生活に対する有益な助言を頂いた北海道大学大学院環境科学院本多健太郎氏に厚く御礼申し上げます。さらに，北海道大学大学院環境科学院小林秀策氏には惜しみない研究へのご協力とご助言，サポートをして頂き，ここに感謝の意を表します。標識魚の捕獲，追跡，本論文の文章の校正をして頂きました北海道大学大学院水産科学研究科田丸修氏，文章の校正と解析のアドバイスを頂いた北海道大学大学院環境科学院東条斉興氏，標識魚確保，追跡のため，快く調査に参加頂いた北海道大学大学院環境科学院南憲吏氏，松本宙氏，北海道大学大学院水産科学研究科遠藤琢氏，上田享氏，横山雄哉氏，北海道大学水産学部水越麻仁氏に深く感謝致します。研究を進めるに当たり，ご面倒な仕事を常に快く引き受けて下さいました北海道大学北方生物圏フィールド科学センター技術職員福井信一氏，事務職員藤澤真子氏に厚く御礼申し上げます。研究におけるアドバイスだけでなく，研究室での共同生活及び日常生活において心身共にサポートして頂いた，北海道大学北方生物圏フィールド科学センター博士研究員安間洋樹博士，藤野忠敬博士，北海道大学大学院環境科学院松倉隆一氏，伊藤祐介氏に深く謝意を表します。

本研究は，平成 19 年度科学研究費補助金（萌芽研究）課題番号 18651110 及び平成 19 年度厚岸湖・別寒辺牛湿原学術研究奨励補助制度厚環水第 19 号の補助を受け，行われました。

最後に私の長期に及ぶ学生生活と研究活動に対しご理解頂き，物心両面で支えて頂いた両親に，改めて深甚なる謝意を表すると共に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 厚岸町 (2007) 新厚岸町史 資料編3 自然・統計編.ぎょうせい, 東京
- Arai, T., Kotake, A., and Morita, K. (2004) Evidence of downstream migration of Sakhalin taimen, *Hucho perryi*, as revealed by Sr:Ca ratios of otolith. *Ichthyological Research* 51: 377-380
- 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—.(多賀光彦監修)『生物と環境』(地球環境サイエンスシリーズ8) . 三共出版, 東京, pp 67-117
- Edo, K., Kawaguchi, Y., Nunokawa, M., Kawamura, H., and 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
- Edo, K., Kawamura, H., and 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
- Fukushima, M. (1994) Spawning migration and redd construction of Sakhalin taimen, *Hucho perryi* (Salmonidae) on northern Hokkaido Island, Japan. *Journal of Fish Biology* 44 (5): 877-888
- Fukushima, M. (2001) Salmonid habitat-geomorphology relationships in low-gradient streams. *Ecology* 82 (5): 1238-1246
- Ghan, D., McPhail, J. D., and Hyatt, K. D. (1998) The temporal-spatial pattern of vertical migration by the freshwater copepod *Skistodiaptomus oregonensis* relative to predation risk. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55: 1350-1363
- グリツェンコ O. F., マルキン E. M., チウリコフ A. A. (1974)(大屋善延訳, 1976) ボガタヤ川(サハリン東岸)のサハリニイトウ *Hucho perryi*(BREVOORT). 魚と卵 143: 25-34

- 濱原和広, 福山龍次, 斉藤修, 藤田隆男, 有末二郎 (2002) 環境基準未達成原因解明調査報告—厚岸湖—. 北海道環境科学研究センター所報 29: 67-72
- 北海道 (2000) 北海道レッドリスト (北海道の絶滅のおそれのある野生生物リスト) .
- 北海道 (2001) 北海道の希少野生生物 北海道レッドデータブック 2001.
- 北海道立水産孵化場 (2006) 希少淡水魚・イトウに学ぶ河川生態系. (2007, Nov 12).
(<http://www.fishexp.pref.hokkaido.jp/hatch/seika/H18/H1801.pdf>)
- 井田齊, 奥山文弥 (2000) サケ・マス魚類のわかる本. 山と溪谷社, 東京, p247
- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (2006) The IUCN Red List of Threatened Species TM. (2007, Dec 25).
(<http://www.iucnredlist.org/>)
- 帰山雅秀 (2004) 最新のサケ学. (日本水産学会監修) (ベルソープックス 011). 成山堂書店, 東京, p128
- 環境庁 (1991) 動物版レッドデータブック.
- 環境庁 (1999) レッドリスト 汽水・淡水魚類.
- 川村洋司 (2001) イトウの保護も一支流から (イトウだって母川回帰) . 北海道水産孵化場試験研究は今 第 440 号
- 川村洋司, 原彰彦, 寺西哲夫 (1995) イトウの養殖技術 北海道編. (野村稔監修) 新魚叢書 2. 新魚種開発協会, 緑書房, 東京, pp1-29
- 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
- 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 (1/3): 17-25
- Kume, M., Kitamura, T., Takahashi H. , and Goto, A. (2005) Distinct spawning migration patteredns in sympatric Japan Sea and Pacific Ocean forms of threespine stickleback *Gasterosteus aculeatus*. *Ichthyological Research* 52: 189-193

- 森高志, 野本和宏 (2005) 斜里川におけるイトウ稚魚の成長と分散 -2002・2003年の調査報告-. 知床博物館研究報告 26: 9-14
- Nakano, S., Kawaguchi, Y., Taniguchi, Y., Miyasaka, H., Shibata, Y., Urabe, H. and Kuhara, N. (1999) Selective foraging on terrestrial invertebrates by rainbow trout in a forested headwater stream in northern Japan. *Ecological Research* 14: 351-360
- 野本和宏 (2006) 陸上自衛隊矢臼別演習場付近の風連川に生息する絶滅危惧種イトウについて. (2007, Dec 28).
(<http://itou-net.hp.infoseek.co.jp/yasubetsuissue/riverfuren/NomotoRep.html>)
- 岡田鳳二, 工藤智, 杉若圭一 (1981) シンシャモの性成熟に伴う鰭の形態変化とその生殖行動における役割. 北海道立水産孵化場研究報告 36: 1-10
- Peake, S., McKinley, R. S., Scruton, D. A. and Moccia, R. (1997) Influence of Transmitter Attachment Procedures on Swimming Performance of Wild and Hatchery-Reared Atlantic Salmon Smolts. *Transactions of the American Fisheries Society* 126: 707-714
- Rosgen, D. L. (1994) A classification of natural rivers. *Catena* 22: 169-199
- 佐川志朗, 山下茂明, 中村太士 (2002) 北海道天塩川水系一支流におけるイトウ成魚の夏季生息場所利用—イトウ生息地保全事項の提示—. 日本生態学会誌 52: 167-176
- 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域における秋季イトウ未成魚の生息場所と摂餌様式. 日本生態学会誌 53: 95-105
- 志田修 (2002) 北海道東部太平洋海域におけるスケトウダラの年齢別分布水深. 北水試研報 63: 9-19
- Solomon, D. J., and Storeton-west, T. J. (1983) Radio tracking of migratory salmonids in rivers: development of an effective system. *Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Directorate of Fisheries Research. Fisheries Research Technical Report* 75: p11
- Swanberg, T. R. and Geist D. R. (1997) Effects of Intraperitoneal Transmitters on the

Social Interaction of Rainbow Trout. *North American Journal of Fisheries Management* 17: 178-181

Tanaka, H., Takagi, Y. and Naito, Y. (2001) Swimming speeds and buoyancy compensation of migrating adult chum salmon *Oncorhynchus keta* revealed by speed/depth/acceleration data logger. *Journal of Experimental Biology* 204: 3895-3904

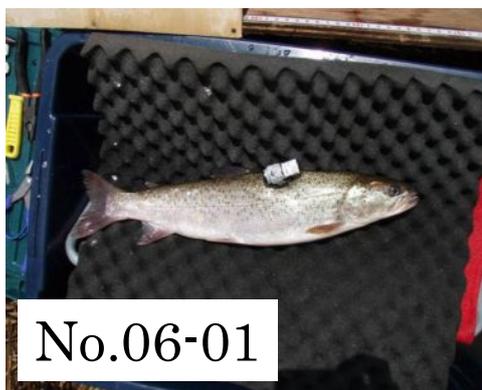
Thiel, R., Potter, I. C. (2001) The ichthyofaunal composition of the Elbe Estuary: an analysis in space and time. *Marine Biology* 138: 603-616

津田裕一 (2006) 平成 17 年度厚岸助成報告書.

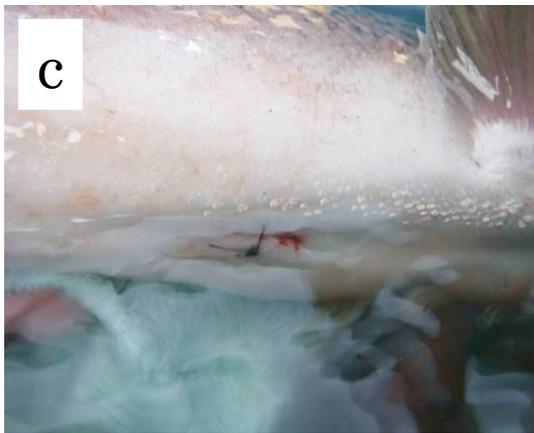
山口幹人 (2001) 耳石のストロンチウム・カルシウム比 (Sr/Ca) 分析からみたシラウオの遡上降海. 北海道水産孵化場試験研究は今 第 449 号

Yamamura, O., Yabuki, K., Shida, O., Watanabe, K. and Honda, S. (2001) Spring cannibalism on 1 year walleye Pollock in the Doto area, northern Japan: is it density dependent?. *Journal of Fish Biology* 59: 645-656

付録



付録1 発信器装着個体



付録 2-a 外部装着時の発信器, b 内部装着時の発信器
c 内部装着時の縫合, d 標識魚の放流