

別寒辺牛川水系及び厚岸湖・厚岸湾に生息する
イトウ (*Hucho perryi*) 成魚の行動生態の解明

2009 年調査報告

北海道大学

別寒辺牛川水系及び厚岸湖・厚岸湾に生息するイトウ

(*Hucho perryi*) 成魚の行動生態の解明

本多 健太郎*・鍵和田 玄*・高橋 伸幸**・宮下 和士***

* 北海道大学大学院環境科学院 ** 北海道大学水産学部 *** 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

はじめに

イトウ (*Hucho perryi*) はサケ科イトウ属の魚であり、近年の急激な個体数の減少を受け、国際自然保護連合 (IUCN) が発行するレッドリストにおいて、2006 年以降「絶滅危惧種 IA 類 (CR)」に指定されている (IUCN 2009)。そのため、本種の保全計画の策定が急がれている。

本種成魚の生態に関する研究は、北海道東部別寒辺牛川水系において 2007 年 (本多ほか 2009; 本多 2010) 以降毎年行われている。これまでの結果から、イトウ成魚は、産卵期に利用する河川上流域から汽水域である別寒辺牛川河口域や厚岸湖に至るまで、水系全体を生息域として利用することが明らかになっており、季節や時間帯、生息する流域に応じて移動パターンが異なることが示されている。特に本水系のイトウでは、中上流域に滞留するタイプと、下流・河口域を回遊するタイプに大きく分かれることが示されており、季節に応じて、個体毎にこの 2 タイプを選択していると考えられている。

また過去の知見から、イトウは他のサケ科魚類に比べて高水温に弱く、養殖場のイトウでは飼育水の温度が 20 °C を超えると斃死する個体が急激に増えることが知られている (福田ほか 1992)。そして、本水系における過去の研究結果からも、夏季・下流域の 20 °C 付近の高水温を避けるために中上流域へ移動していた可能性が高いことが明らかになっている (本多ほか 2009; 本多 2010)。

しかしながら、これらの傾向が本種の経年的な移動パターンとして捉えられるかどうかは不明であり、それを説明できるだけの情報は今までのところ得られていない。イトウ成魚の生態を正確に理解するためには、経年的な行動観察を行うことが不可欠である。そこで、本研究では前年までに引き続き、超音波テレメトリー手法を用いて道東別寒辺牛川水系に生息する本種成魚の移動パターンを観察した。

材料と手法

調査水域

調査は、北海道厚岸郡厚岸町および川上郡標茶町に跨って流れる別寒辺牛川水系(流域面積 738.8 km²)で行った(図 1)。本水系のうち、厚岸湖に注ぐ別寒辺牛川以外の 4 河川(トキタイ川, 東梅川, イクラ牛川, 奔渡川)並びに別寒辺牛川に流入する支流の大別川を除いた, 別寒辺牛川の本流・支流を調査水域に設定した。調査期間はイトウの産卵後から河川が凍結する前までとし, 2009 年 4 月 10 日から 11 月 29 日に実施した。

本報告書では, イトウ保護の観点から魚の捕獲場所並びに受信機の設置場所は明記せず, 河口からの距離と本流・支流の区別のみを記した。そして, 本多ほか(2009)に基づいて, 本水系を 7 つのエリアに区分し(図 1), このエリアによって標識個体の移動・滞在を説明することとした。

使用機器

本研究では, イトウの行動追跡に超音波発信器(V13-1L, VEMCO 社製 以下, 発信器)および設置型超音波受信機(VR2, VR2W; VEMCO 社製 以下, 受信機)を用いた。発信器の直径, 長さ, 水中重量はそれぞれ 13 mm, 36 mm, 6 g である。発信器は, 6 回のパルス(周波数 69 kHz)を 1 組とし, それを設定した発信間隔によりランダム発信する。そして, 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(図 2)。発信器は, 発信間隔が 20–60 秒で電池寿命が約 1 年のものと, 40–90 秒で電池寿命が約 600 日のものを用いた。受信機の受信範囲は, 水域や天候, 設置深度などにより大きく変動するが(Finstad et al. 2005; Mitamura et al. 2005), 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と考えられる。本多ほか(2009)は同水系において, 設置した各受信機の受信範囲の確認を行っており, 川幅に対して十分な受信範囲があることを確認している。また, 河川水温を計測するため, 水温ロガー(StowAway TidbiT Vr.1, Vr.2; HOBO Pendant; HOBO U20 Water Level Logger; Onset Computer 社製)を用いた。水温ロガーは受信機とともに係留し, 30 分間隔で水温(精度: ±0.1 °C)を記録した。

発信器装着魚の捕獲

2009 年 4 月 25 日から 5 月 2 日にイトウの産卵場内である河川支流上流域(河口から > 50 km 上流)に網を設置し, 雄 6 個体, 雌 4 個体の計 10 個体のイトウ親魚を捕獲した(表 1)。個体 ID は雌雄・尾叉長・捕獲場所を基に記載した(例えば, メスで尾叉長 66.3 cm の川で捕獲・放流した個体では, F663R09)。網は, 地曳網(縦 × 横 1.0 m × 28.1 m, 網目 40 mm)を小型定置網状に改良して用い, 遡上する魚が通過できるように川岸に魚道を設けた。また, 網口を上流側に一箇所設けることで, 上流側から下流方向に移動するイトウのみを捕獲対象とした。なお, 雌雄の判別は, 以下の外見的特徴を基に行った。雄は, 産卵期になると雌を獲得するために互いに激しく争いをするため(江戸 2002; Esteve et al. 2009), 背鰭から尾鰭にかけて鱗の欠損, もしくは, 体に目立った傷がみられ, 雌より婚姻色が強く出るなどの特徴を有する(川村ほか 1996)。

一方雌は、顔つきや鱗が剥がれずに残っていることなどから判別が可能である。

本多ほか(2009)が用いた手法と同様に、捕獲したイトウ成魚 10 個体に麻酔を施し、腹腔内に発信器を挿入した。発信器の装着を終えた個体は、体長・尾叉長・全長・体重を測り、その後直ちに籠 (60 cm × 60 cm × 100 cm) 内に移して 30 分以上の馴致を行い、網のすぐ下流で放流した。

また、4 月 13 日から 5 月 7 日に厚岸湖内の定置網漁業によって水揚げされた計 5 個体 (全て雌雄不明) のイトウ成魚も材料として使用した (表 1)。これらの個体は厚岸漁業協同組合市場内の生簀で数時間馴致した後、河川上流で捕獲したイトウと同様の方法により発信器を装着した。発信器を装着した個体は、回復を確認した後最寄りの湖岸へ運び、放流した。

発信器装着魚の追跡方法

エリア 1-7 において、2009 年 4 月 8 日から 4 月 14 日にかけて 26 箇所のステーションに、また、5 月 19 日に 2 箇所のステーションに、併せて 28 台の受信機を土嚢、ロープ、係留ブイを用いて設置した (表 2, 図 2)。内 13 台の受信機には水温ロガーを係留した。なお、ステーション番号は上流から順に St. 1-28 とした。その後、全ての受信機は 11 月 26 から 11 月 30 日にかけて回収するまで継続して設置した。

同時に、一台の受信機をカヌーに取り付けて河川内を曳航し、標識個体の居場所を特定した。受信機曳航中は、GPS (GPSMAP60CSx, GERMIN 社製) により位置を記録した。カヌーによる受信機の曳航は、エリア 2 の一部からエリア 6 までにおいて 4 月下旬から 11 月まで毎月各月の中旬を目途に 1 回以上実施した。

データの解析方法

カシミール 3D (DAN 杉本作) を用いて受信機間の河道距離および各位置の河口からの河道距離を計測した。それを基に河川内における標識個体の降下・遡上時の移動距離を求めた。ただし、産卵場からの降下行動については、放流点から降下を終了するまでに要した時間およびその移動距離のみを求めた。なお、産卵場からの降下の終了は、24 時間以上ステーション間の移動がみられなくなるまでと定義した。

本解析において、標識個体の移動頻度を見積もるため、本多ほか (2009) を基に受信データの標準化を行った。標識個体は、各受信機における受信開始時刻および受信終了時刻には動いていたと想定されるため、全受信データから連続受信の最初と最後のデータを抽出し、これを「移動」と定義した。また、受信があった後 180 秒間同受信機で同一個体による受信がなかった場合、その個体は受信範囲外に移動したと判断し、180 秒以内の受信を「連続受信」と定義した。

また、本研究では、河川流域における標識個体の生息位置の季節的な変化を記述するために、7 つのエリアのそれぞれにおける「エリア滞在率」を定義した。エリア滞在率は、各個体が一日の間に各エリアに滞在した時間の割合として計算される。受信数が 0 の期間は、最後の受信が記録されたエリアと再び受信が記録された隣接するエリアの間に滞在していたとみなせることから、2 つのエリア内での滞在時間をそれぞれのエリアに 50%ずつ割り振った。さらに、全標識個体のデータをプールすることに

よって、各エリアにおける「月平均エリア滞在率」を計算した。なお季節については、4-6月を春季、7-9月を夏季、10-11月を秋季とした。

さらに、各個体が一日に滞在したエリア1-7のエリア番号にエリア利用率を乗算して足し合わせたものを滞在エリア指数と定義して、日毎・月毎の値を求めた。本指数は、1に近ければ上流側に、7に近ければ厚岸湖側に滞在していたことを示す。

また、移動が行われる時間帯の日周性を検討するために、時間帯別の移動数頻度を求め、季節・エリア別にそれぞれの大小を比較した。ここで、エリアは潮汐が影響しないエリア1-4と影響する5-7に分けて解析を行った。

表 1 発信器装着魚の性別，体サイズおよび放流日時など。
(発信間隔は 1/20-60)

個体ID	発信器ID	雌雄	尾又長 (cm)	体重 (kg)	捕獲場所	放流日時	受信の有無	発信間隔(s)
U593L09	56235	不明	59.3	2.1	厚岸湖	2009/4/13 14:06	○	20-60
U627L09	56236	不明	62.7	2.7	厚岸湖	2009/4/13 14:06	○	20-60
U650L09	3082	不明	65.0	3.0	厚岸湖	2009/4/20 13:36	○	40-90
U557L09	56237	不明	55.7	1.8	厚岸湖	2009/4/24 9:27	○	20-60
M663R09	56238	雄	66.3	2.7	河川支流上流域	2009/4/26 5:42	○	20-60
F685R09	56239	雌	68.5	2.8	河川支流上流域	2009/4/26 6:20	○	20-60
M606R09	3079	雄	60.6	2.2	河川支流上流域	2009/4/26 6:41	○	40-90
M584R09	56327	雄	58.4	1.9	河川支流上流域	2009/4/26 6:55	×	20-60
F585R09	56323	雌	58.5	1.9	河川支流上流域	2009/4/26 7:14	○	20-60
F691R09	3080	雌	69.1	2.9	河川支流上流域	2009/4/29 6:09	○	40-90
M535R09	56322	雄	53.5	1.6	河川支流上流域	2009/4/29 6:09	○	20-60
F705R09	3081	雌	70.5	3.1	河川支流上流域	2009/5/1 6:25	○	40-90
M605R09	56324	雄	60.5	1.93	河川支流上流域	2009/5/1 6:25	○	20-60
M585R09	56325	雄	58.5	2	河川支流上流域	2009/5/2 5:30	×	20-60
U645L09	56326	不明	64.5	2.9	厚岸湖	2009/5/7 10:22	○	20-60
U705L08	96	不明	70.5	4.5	厚岸湖	2008/5/7 13:54	○	20-60
U741L08	94	不明	74.1	5.0	厚岸湖	2008/5/9 14:26	○	20-60

表 2 各ステーションにおける受信機および水温ロガーの
設置期間・エリアおよび位置情報。

ステーションNo.	受信機ID	受信機設置日	受信機回収日	水温ロガー	エリアNo.	河口からの距離(m)	流域
1	104087	2009/4/14	2009/11/26	○	1	30,607	支流
2	101197 / 103804	2009/4/14	2009/11/26	○	2	22,264	支流
3	7210	2009/4/10	2009/11/27	○	2	22,224	本流
4	101196	2009/4/11	2009/11/26	×	3	18,364	支流
5	6710	2009/4/10	2009/11/27	×	3	17,871	本流
6	7212	2009/4/11	2009/11/27	×	3	16,208	支流
7	7221	2009/4/11	2009/11/27	○	3	14,729	支流
8	7211	2009/4/11	2009/11/27	○	3	14,483	本流
9	7223	2009/4/10	2009/11/27	×	4	13,901	本流
10	7216	2009/4/11	2009/11/27	○	3	13,604	支流
11	5921	2009/4/10	2009/11/27	○	4	12,958	本流
12	7214	2009/4/10	2009/11/27	×	4	11,865	本流
13	103805	2009/5/19	2009/11/27	×	4	11,444	本流
14	7886	2009/4/8	2009/11/27	×	4	10,654	本流
15	101197	2009/5/19	2009/11/27	×	4	9,795	本流
16	7222	2009/4/8	2009/11/27	○	4	9,128	本流
17	2077	2009/4/9	2009/11/29	○	5	8,285	支流
18	7880	2009/4/8	2009/11/27	×	5	7,553	本流
19	7213	2009/4/9	2009/11/29	×	5	6,744	支流
20	7218	2009/4/8	2009/11/27	○	5	5,883	本流
21	7217	2009/4/9	2009/11/29	×	5	4,672	支流
22	7879	2009/4/8	2009/11/29	×	5	4,590	本流
23	7220	2009/4/8	2009/11/29	○	6	3,807	本流
24	4680	2009/4/8	2009/11/29	×	6	2,542	本流
25	7219	2009/4/14	2009/11/29	×	6	1,156	支流
26	7215	2009/4/9	2009/11/29	○	6	870	本流
27	7224	2009/4/13	2009/11/29	×	6	0	本流
28	5920	2009/4/13	2009/11/30	○	7	-3471	厚岸湖

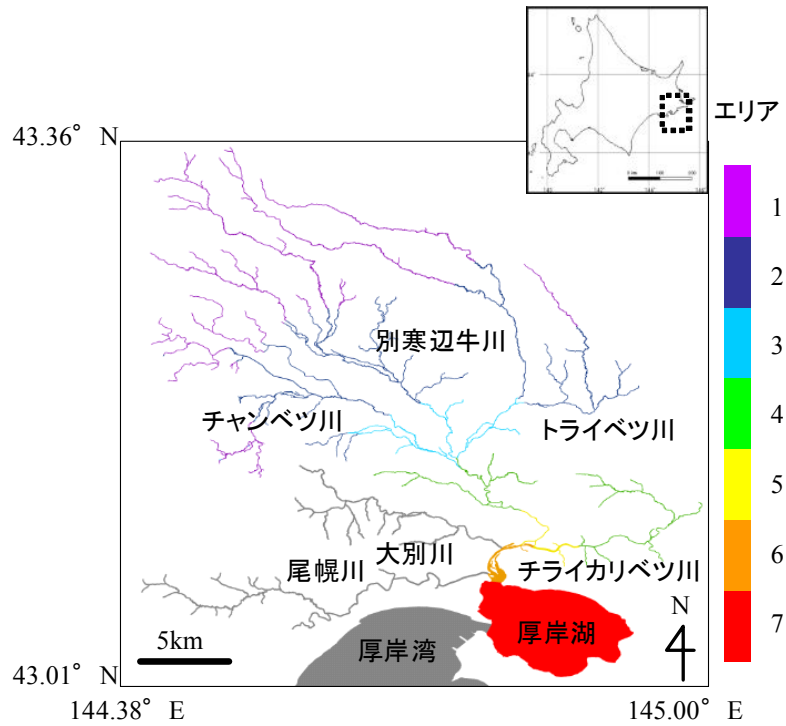


図1 道東別寒辺牛川水系と河川エリアの分割。

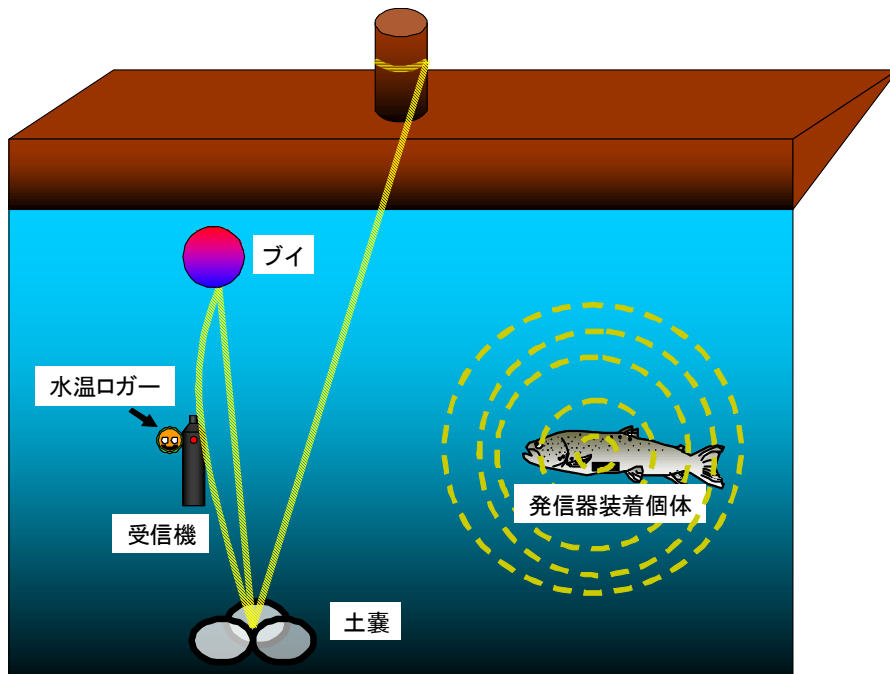


図2 受信機・水温ロガーの係留方法および発信器装着魚が受信される様の模式図。

結果

季節的・日周的な移動パターン

設置型受信機およびカメラで曳航した受信機双方からデータを読み出した結果、総受信回数は 337,458 回であり、放流した 15 個体中 M584R09, M585R09 を除く 13 個体の受信が確認された。また、2008 年に捕獲・放流した個体の内、U705L08, U741L08 の 2 個体が 6 月中旬まで継続して受信された。本解析では、これら 15 個体の受信データを使用した。

上流域で放流した後受信が確認されたのは 8 個体であった。その内、降下行動が確認された 7 個体は、放流後から降下が終了するまでに 2-5 日を要し (表 3), その平均所要時間は 66.3 ± 23.8 h (以下全て Mean \pm SD) であった。降下距離は、最短個体 (F685R09, F585R09) でエリア 1 までの 20.5 km, 最長距離を記録した個体 (F705R09) ではエリア 5 までの 43.6 km であり、平均では 32.3 ± 9.1 km であった。

図 3 における全ての受信機 (曳航式含む) による受信結果を踏まえた各標識個体の位置を河口からの河道距離として時系列で示し、図 4 には各月の平均エリア利用率を示した。イトウ成魚は上流域から厚岸湖までの水系全体を生息域として利用し、夏季以降に生息域を大きく移行する個体はほとんど確認されなかった。調査期間中に最も多く利用されたエリアは、エリア 5 で全体の 26.6% であり、最小はエリア 3 で 6.1% であった。

次に、個体別の滞在エリア指数を図 5 に示した。上流・中流・下流の各々の流域に滞在し続けた個体が確認された (n=6) 一方で、上流から下流までを広く利用する個体 (n=2) も確認された。個体別の平均滞在エリア指数では、最小値 (1.0 ± 0.0 , M605R09) と最大値 (6.0 ± 1.1 , F705R09) に大きな開きがみられた (1 年を通して滞在エリアを特定できた個体で比較)。

また、図 6 に放流個体の時間帯別・季節別の移動数頻度を示した。エリア 1-4 では春季の日没時から夜間にかけて移動が多くみられたが、夏季以降では特徴はみられなかった。一方、エリア 5-7 の春季では日出時に移動が多くみられ、夏季には特徴はみられなかった。秋季においては、日中から日没時に移動が多くみられ、夜間には移動が少ない傾向が確認された。

河川水温の推移

河川の上流域・中流域・下流域の代表的な値として、エリア 1 の St. 2, エリア 4 の St. 11, エリア 6 の St. 26 における日平均水温を時系列で図 7 に示した。St. 2 と St. 11 における平均水温差は 1.1 °C, St. 11 と St. 26 における平均水温差は 1.0 °C と下流域ほど高水温で推移した。

表 3 上流域で放流した個体の降下距離および降下に要した時間。

個体ID	移動エリア	降下距離 (km)	所要時間 (h)
M606R09	3	36.4	64.3
F691R09	4	38.1	48.7
F705R09	5	43.6	47.8
M663R09	2	28.8	62.3
F685R09	1	20.5	80.9
M535R09	4	37.2	47.5
F585R09	1	20.5	112.9
Mean±SD		32.3±9.1	66.3±23.8

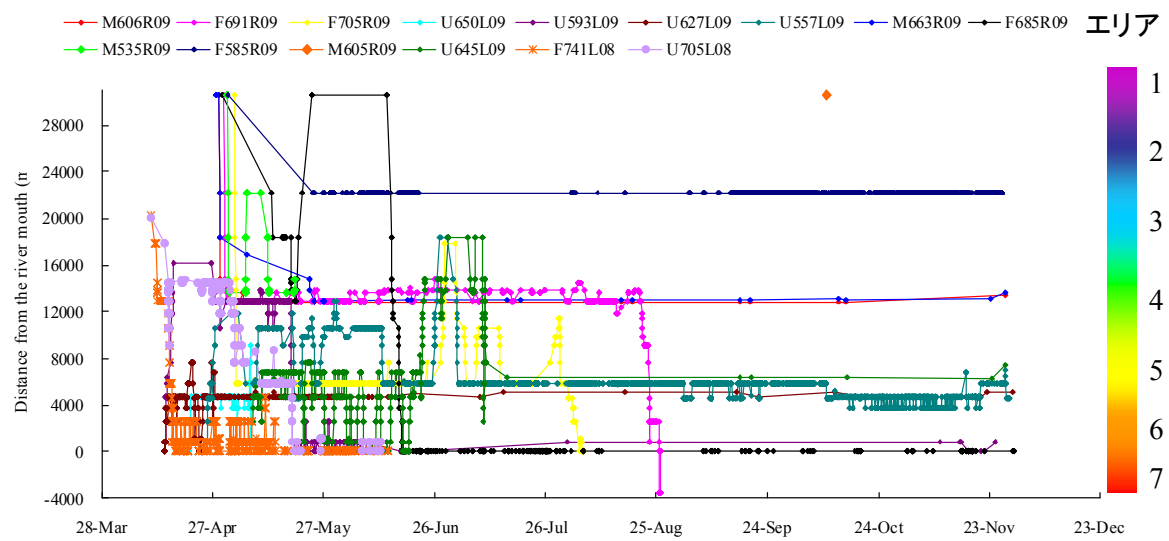


図3 河口からの河道距離を位置とした各標識個体の時系列図。

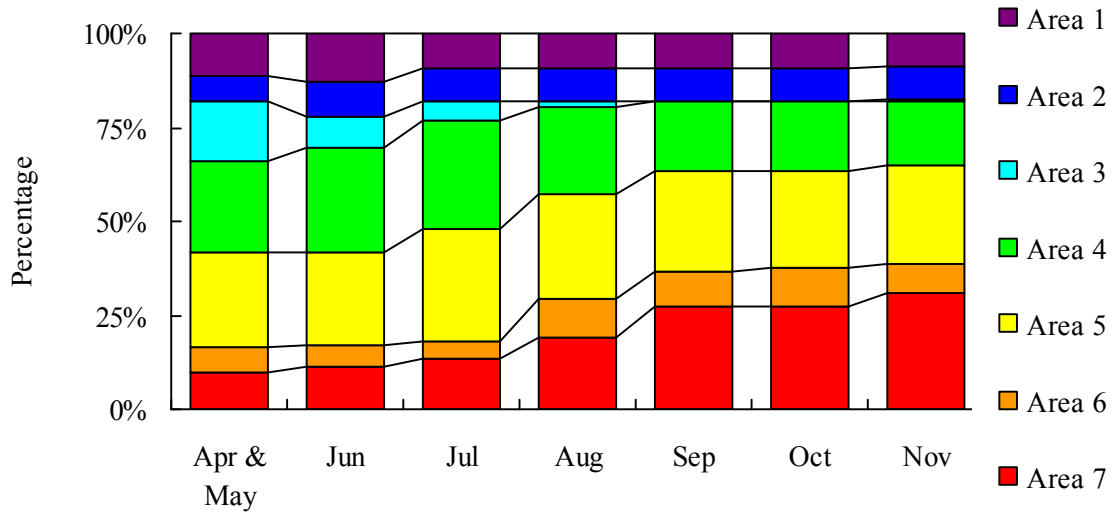


図4 月毎の平均エリア利用率の推移。

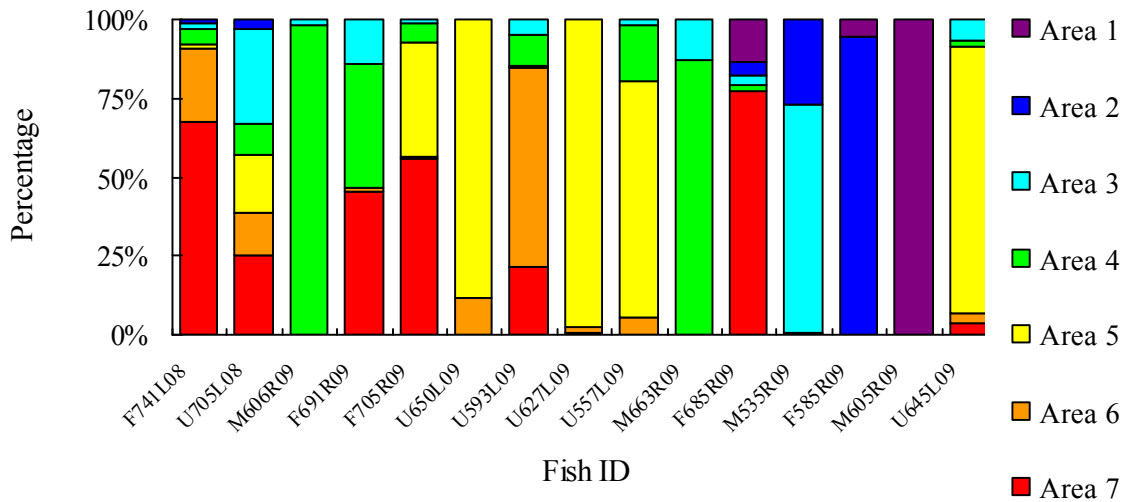


図5 個体別平均エリア利用率。ただし、U650L09, M535R09, F741L08, U705L08 はそれぞれ6月, 6月, 7月, 7月以降受信が確認されなかったため、前の月までのデータを用いた。

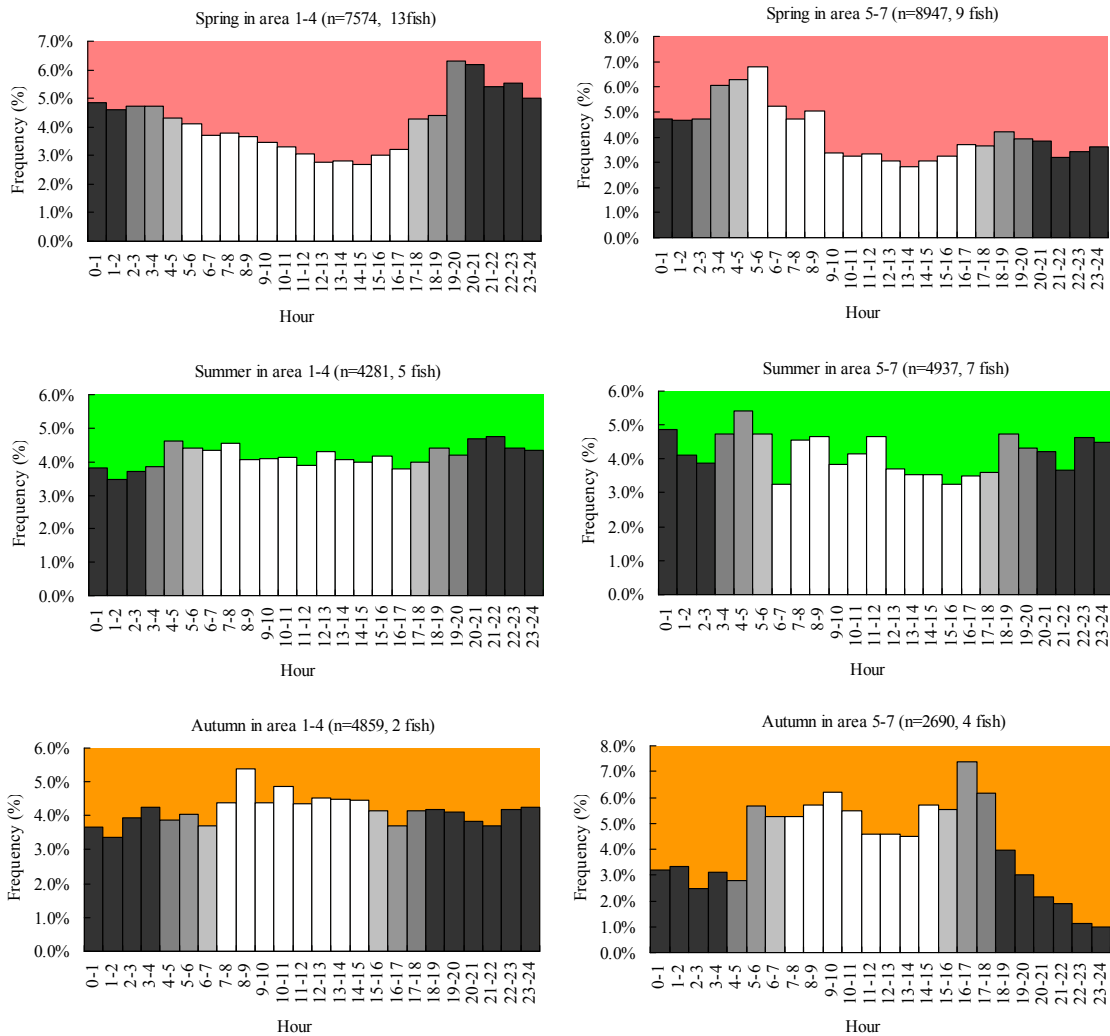


図 6 各季節，潮汐が影響する・影響しないエリアにおける時間帯別の移動数頻度。白は日中，黒は夜間を示し，3種の灰色枠の内，真中の枠中にこの時期の日出・日没時があることを示す。

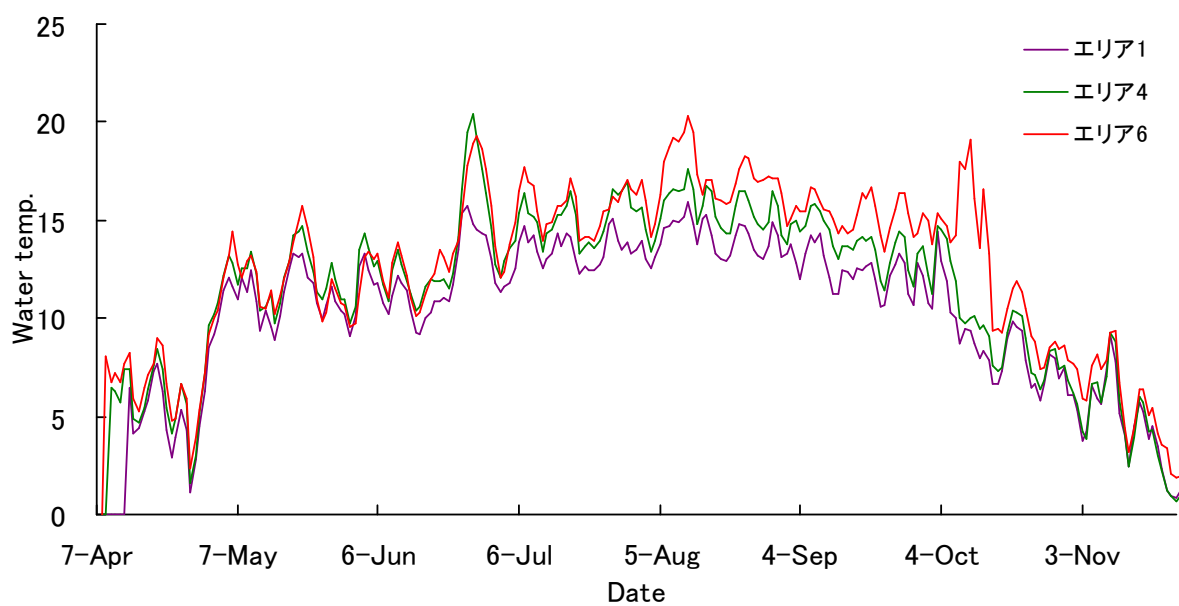


図7 エリア1 (St.2), エリア4 (St.11), エリア6の (St.26) における日平均水温の時系列。水温ロガーによって30分間隔で得られた水温データを基に日平均水温を算出した。

おわりに ～2008年調査結果との比較～

本研究結果（2009年）と2008年調査の結果（付録1-5）を比較すると、2008年ではエリア7である厚岸湖の利用頻度は小さかったのに対し、2009年では全ての月において高頻度で利用された（図4、付録2）。また、2008年では夏季において河川中流域（エリア3-4）を利用する個体が多くみられたが、2009年ではそのような傾向は確認されなかった（図4、付録2）。この両年の分布傾向の違いは、河川水温の季節変動の違いがみられたことに起因するものと考えられる。本種の生息域の決定には、先述の通り20℃付近の高水温が関与していると考えられており、夏季の本水系下流域（エリア5-7）において、2008年では最高水温が20℃を超えた日が45日記録された一方で、2009年ではその1/3以下の日数（13日）しか記録されなかった。また、7-9月のエリア5-7の平均水温において、2008年（ 18.0 ± 1.8 ）は2009年（ 16.8 ± 1.6 ）よりも高く、1.2℃の開きがみられた。したがって、2009年の夏季では、下流域の水温分布がイトウの生息に不適な状態ではなかったと考えられ、水温の低い上流側へ避難する必要がなかったものと推察される。

さらに、時間帯別の移動数頻度についても、両年で大きな違いがみられた。2008年のエリア1-4では日出・日没時に移動が多くみられたが、2009年ではそのような傾向は確認されなかった（図6、付録2）。エリア5-7においても、2008年の春季と夏季に確認された日中の高頻度の移動は2009年の同季節では認められなかったものの、秋季では同傾向が認められた（図6、付録2）。今後はこのような違いが生じた理由を解明すべく、個体単位の移動に着目したより詳細な解析を行っていく。

また、2009年春に産卵場内である河川支流上流域の地曳網において、2008年に放流した個体を再捕獲した（図8）。このことは、本個体が2年連続で産卵遡上したことを意味し、発信器装着が魚体に与える影響が小さいことを改めて示した。

以上に示したように、2008年と2009年の調査結果が示したイトウ成魚の移動パターンには両年で大きな違いが確認された。今後は、継続中のデータ解析を進め、このような違いが生じた理由についてさらに詳しく検討していく。

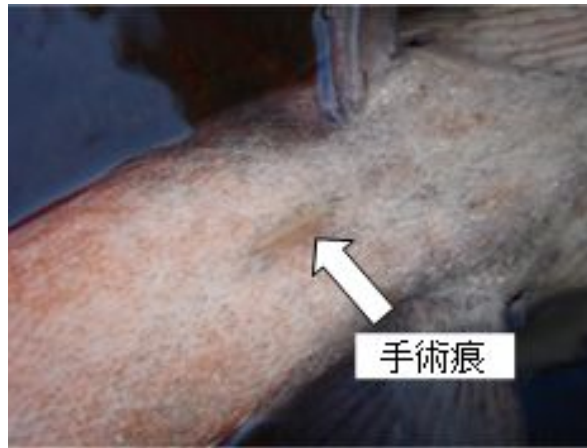


図8 産卵場内で再捕獲された2008年放流個体。
切開・縫合の痕が確認できる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター厚岸臨海実験所の仲谷雅裕教授をはじめとする職員の皆様並びに厚岸水鳥観察館学芸員の澁谷辰生氏をはじめとする職員の皆様には調査地の情報提供や現地でのサポートをして頂きました。また、佐藤悌二氏および栗林正志氏をはじめとする厚岸漁業協同組合の皆様並びに厚岸町カキ種苗センターの武山悟氏には、実験魚の捕獲等多大なご協力を頂きました。以上の諸氏にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

本研究は、平成20年度河川整備基金特別援助金20-1215-1及び平成21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23号の補助を受けて行われました。

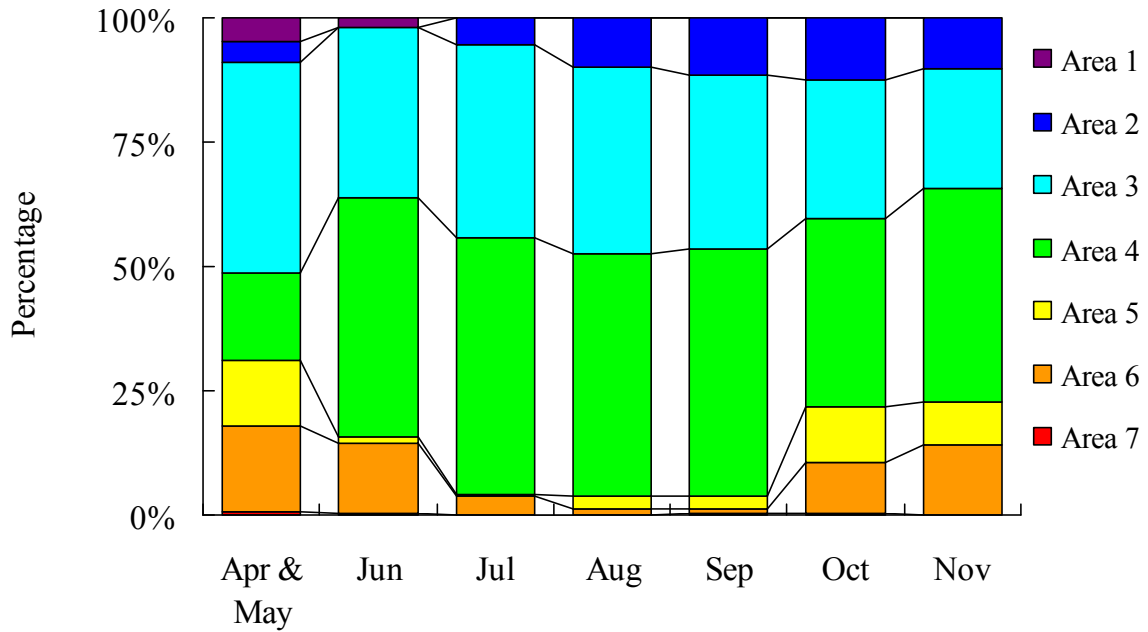
引用文献

- 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. 三共出版, 東京, pp 67-117.
- Esteve M, McLennan DA, Kawahara M (2009) Spawning behaviour of Sakhalin taimen, *Parahucho perryi*, from northern Hokkaido, Japan. *Environmental Biology of Fish* 85: 265-273.
- Finstad B, Okland F, Thorstad EB, Bjorn PA, McKinley RS (2005) Migration of hatchery-reared Atlantic salmon and wild anadromous brown trout post-smolts in a Norwegian fjord system. *Journal of Fish Biology* 66: 86-96.
- 福田 裕・松坂 洋・松田銀治・菊谷尚久 (1992) 親養殖魚生産技術開発試験. 平成2年度青森県内水面水産試験場事業報告書 pp 29-35.
- 本多健太郎・野田裕二・津田裕一・安間洋樹・宮下和士 (2009) 超音波テレメトリーによるイトウ (*Hucho perryi*) 成魚の季節的移動パターンの解明. 日本生態学会誌 59: 239-247.
- IUCN (2009) 2009 IUCN Red List of Threatened Species. (www.iucnredlist.org) Downloaded on 9 Sep 2009.
- 川村洋司・原 彰彦・寺西哲夫 (1996) 北海道編. (野村 稔 監修) イトウの養殖技術. 新魚種開発協会, 東京, pp 1-29.
- Mitamura H, Arai N, Mitsunaga Y, Yokota T, Takeuchi H, Tsuzaki T, Itani M (2005) Directed movements and diel burrow fidelity patterns of red tilefish *Branchiostegus japonicus* determined using ultrasonic telemetry. *Fisheries Science* 71: 491-498.
- 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.
- 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.

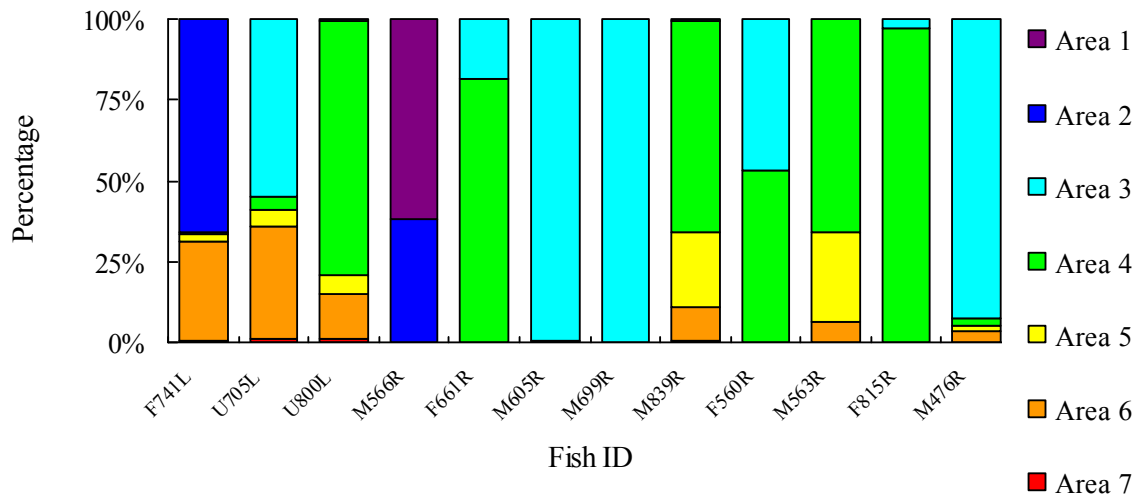
付録

付録1 2008年に捕獲・放流した発信器装着魚の性別、
体サイズおよび放流日時など。

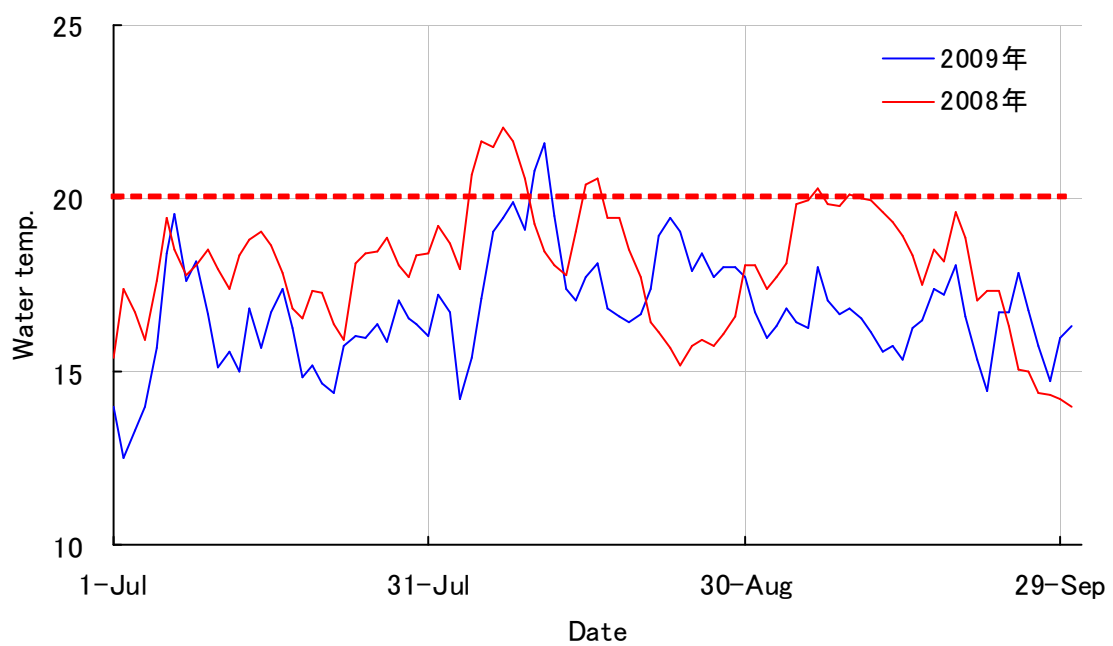
個体ID	発信器ID	雌雄	尾叉長 (cm)	体重 (kg)	捕獲場所	放流日時
M699R08	4726	雄	69.9	3.5	河川支流上流域	2008/4/26 6:08
M566R08	4722	雄	56.6	2.1	河川支流上流域	2008/4/26 6:37
M839R08	11753	雄	83.9	6.0	河川支流上流域	2008/4/26 7:27
F815R08	11756	雌	81.5	6.0	河川支流上流域	2008/4/26 7:29
F560R08	11754	雌	56.0	1.8	河川支流上流域	2008/4/26 7:54
M605R08	4725	雄	60.5	2.5	河川支流上流域	2008/4/26 8:09
M476R08	11757	雄	47.6	1.4	河川支流上流域	2008/4/26 8:15
M563R08	11755	雄	56.3	2.0	河川支流上流域	2008/4/27 5:29
F661R08	4724	雌	66.1	2.6	河川支流上流域	2008/4/29 5:53
U705L08	96	不明	70.5	4.5	厚岸湖	2008/5/7 13:54
U741L08	94	不明	74.1	5.0	厚岸湖	2008/5/9 14:26
U800L08	98	不明	80.0	6.3	厚岸湖	2008/5/9 14:27



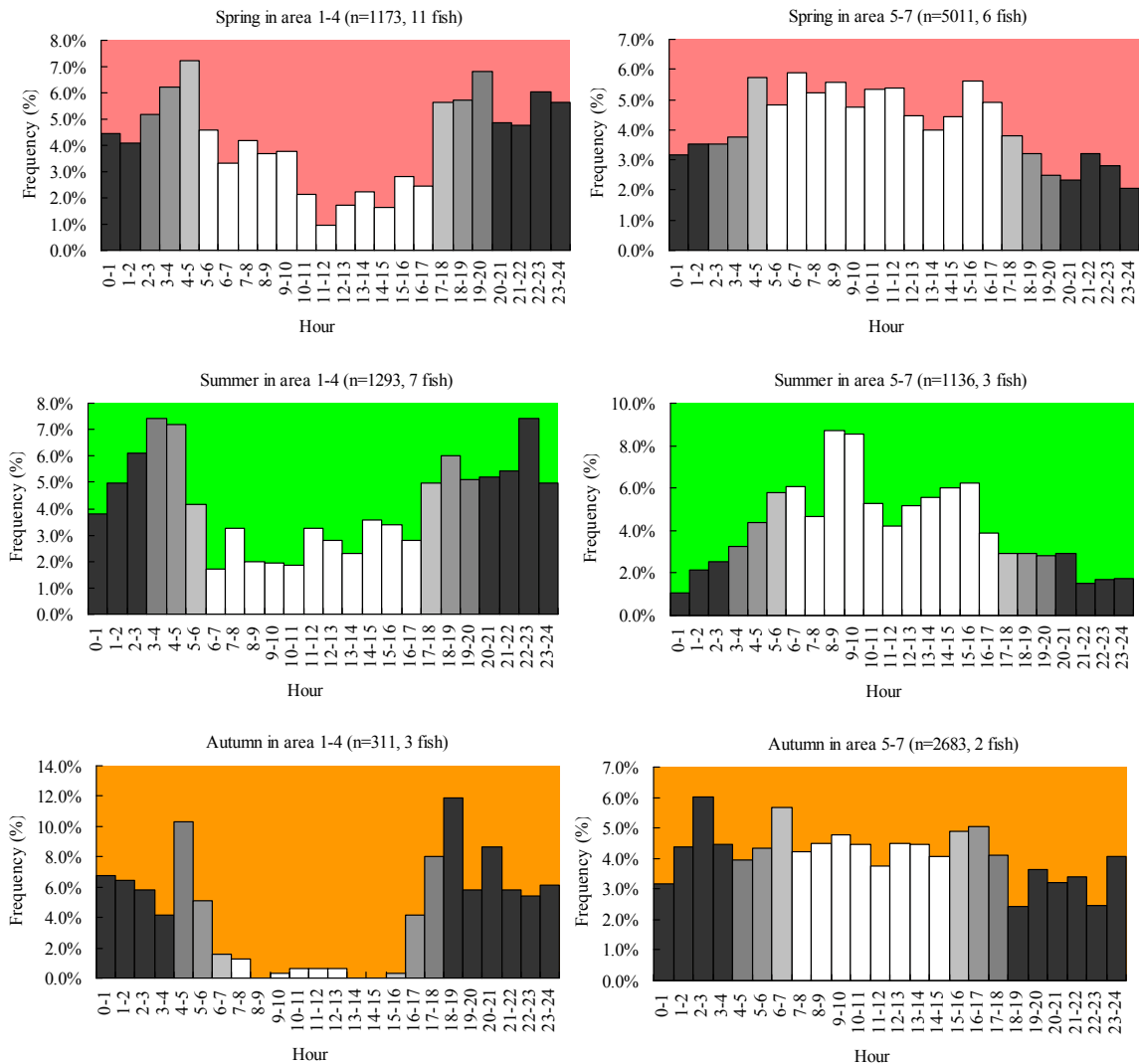
付録2 2008年における月毎の平均エリア利用率の推移。



付録3 2008年における個体別平均エリア利用率。ただし、M566R08, M839R08, M476R08, U800L08はそれぞれ6月、10月、6月、10月以降受信が確認されなかったため、前の月までのデータを用いた。



付録4 2008年・2009年の夏季における、下流域の最高水温の時系列。赤い点線は、それ以上はイトウの生息には適さないと考えられる20℃の水温を示す。



付録 5 2008 年における各季節，潮汐が影響する・影響しないエリアにおける時間帯別の移動数頻度。白は日中，黒は夜間を示し，3種の灰色枠の内，真中の枠中にこの時期の日出・日没時があることを示す。