

農林水産省委託事業

魚類防疫技術書

河川におけるアユの エドワジエラ・イクタルリ感染症



平成 31 年 3 月



公益社団法人 日本水産資源保護協会

はじめに

この度、農林水産省委託事業の「養殖衛生管理技術者の養成」において、水産防疫技術者が行う指導に資するための技術書として「河川におけるアユのエドワジエラ・イクタルリ感染症」を作成いたしました。

本症は元来海外のナマズ類の疾病として知られていましたが、我が国では平成19年に離れた地域の天然河川で同時多発的にアユ大量斃死を引き起こし、その後も広範囲の河川に定着して、現在も散発的にアユで斃死被害を引き起こしている疾病です。農林水産省委託事業の「水産動物疾病に関するリスク評価事業」において、日本大学生物資源科学部のグループによる5カ年にわたる調査と研究により、本病の発生につながる諸条件や、環境中での原因細菌の分布などの生態が明らかになり、さらに、それらの知見をもとに河川での本症におけるアユの斃死被害の低減策を提案されるに至りました。

本書は、関係都道府県の魚病担当者や漁業協同組合等の皆様にご活用いただくため、これまでの成果と知見をまとめたものです。本書を指針として内水面漁業での魚病対策への一助となれば幸いです。

平成31年3月
公益社団法人日本水産資源保護協会
会長 高橋 正征

1. エドワジエラ・イクタルリ感染症とは

(1) 原因細菌

エドワジエラ・イクタルリ感染症を引き起こす原因細菌は、腸内細菌科に属するグラム陰性短桿菌の *Edwardsiella ictaluri* である。

菌形は $0.75 \times 1.5-2.5 \mu\text{m}$ 、インドール非産生、 37°C 非発育、4% NaCl 中では増殖不可能という点から、近縁の魚病細菌である *E. tarda* と区別される。

なお近年、*E. tarda* は、*E. tarda*、*E. piscicida*、*E. anguillarum* の3種に再分類され、魚類に病原性を示すのは *E. piscicida* または *E. anguillarum* であることが報告されている。

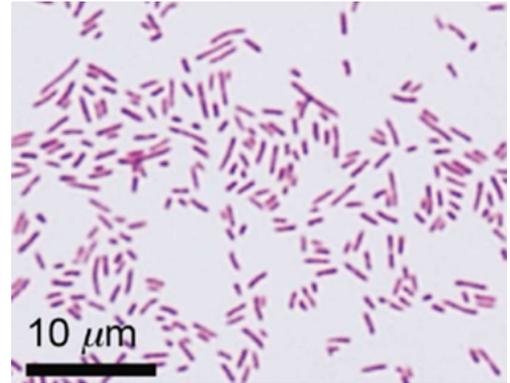


図1 *E. ictaluri* (Nagai *et al.*, 2008)

(2) 世界における発生状況

E. ictaluri は、「ナマズ目魚類の腸内敗血症」(Enteric Septicaemia of Catfish; ESC) 原因細菌として知られており、米国やアジアのナマズ養殖産業に経済損失をもたらしている(表1)。

表1 エドワジエラ・イクタルリ感染症に罹患報告のあるナマズ目魚類

発生報告のある魚種名	学名	その他情報
アメリカナマズ	<i>Ictalurus punctatus</i>	北米
タットポールマッドトム	<i>Noturus gyrinus</i>	北米
ブラウンブルヘッド	<i>Ameiurus nebulosus</i>	感染実験による感染確認
ホワイトキャットフィッシュ	<i>Ameiurus catus</i>	感染実験による感染確認
ウォーキングキャットフィッシュ	<i>Clarias batrachus</i>	タイ
ブロードヘッドキャットフィッシュ ・アフリカンクララの交雑種		タイ
カイヤン	<i>Pangasius hypophthalmus</i>	ベトナム
コウライギギ	<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>	中国

(3) 国内における発生・被害状況

国内では、2007年の夏季に東京都、広島県、山口県の河川において大量死したアユから分離されたのが最初の報告である。翌2008年に実施された浸潤状況調査により、10都道府県において *E. ictaluri* の保菌魚が確認され、国内に蔓延していることが明らかとなった。その後、夏季を中心に、河川に生息するアユにおいて発生が散発的に確認されている。

エドワジエラ・イクタルリ感染症が発生すると、発生水域におけるアユの資源量減少に加え、発生が終息した後も、特に友釣りの釣果が悪くなることが指摘されており、内水面遊漁に及ぼす影響が大きい。

(4) 国内における河川魚類の保菌状況および病原性

E. ictaluri はアユの腎臓、脾臓、消化管から分離される。また、ナマズ目魚類であるギバチやギギからの分離報告例がある他、関東地方のモデル河川における保菌調査では、アブラハヤ、オイカワ、カワムツ、ニゴイ、オヤニラミ、マルタウグイの腎臓からも分離されている。

E. ictaluri の培養液中に魚体を浸す感染実験（浸漬感染）の結果、アユ、ウグイ、ナマズ、ギバチ、ウナギに対する感染が確認されている（表2）。また、みかけ健康なアユから分離された *E. ictaluri* もアユに対して病原性を有していることが明らかとなっている。

表2 アユから分離された *E. ictaluri* の病原性の検討（浸漬感染）

魚種名	水温 (°C)		
	20	25	30
アユ	+	++	未実験
ウグイ	-	+	未実験
ナマズ (30g)	-	++	++
(4g)	+	++	未実験
ギバチ	+	++	未実験
ウナギ	-	-	+
コイ	-	-	-

— :死亡魚無し
+ :死亡率10~50% ++ :死亡率60~100%

(5) 典型症状

アユにおけるエドワジエラ・イクタルリ感染症の典型症状としては、眼球突出、体表赤斑点、肛門発赤、腹水（出血性を示すものが多い）などがある（図2）。

エドワジエラ・イクタルリ感染症-1

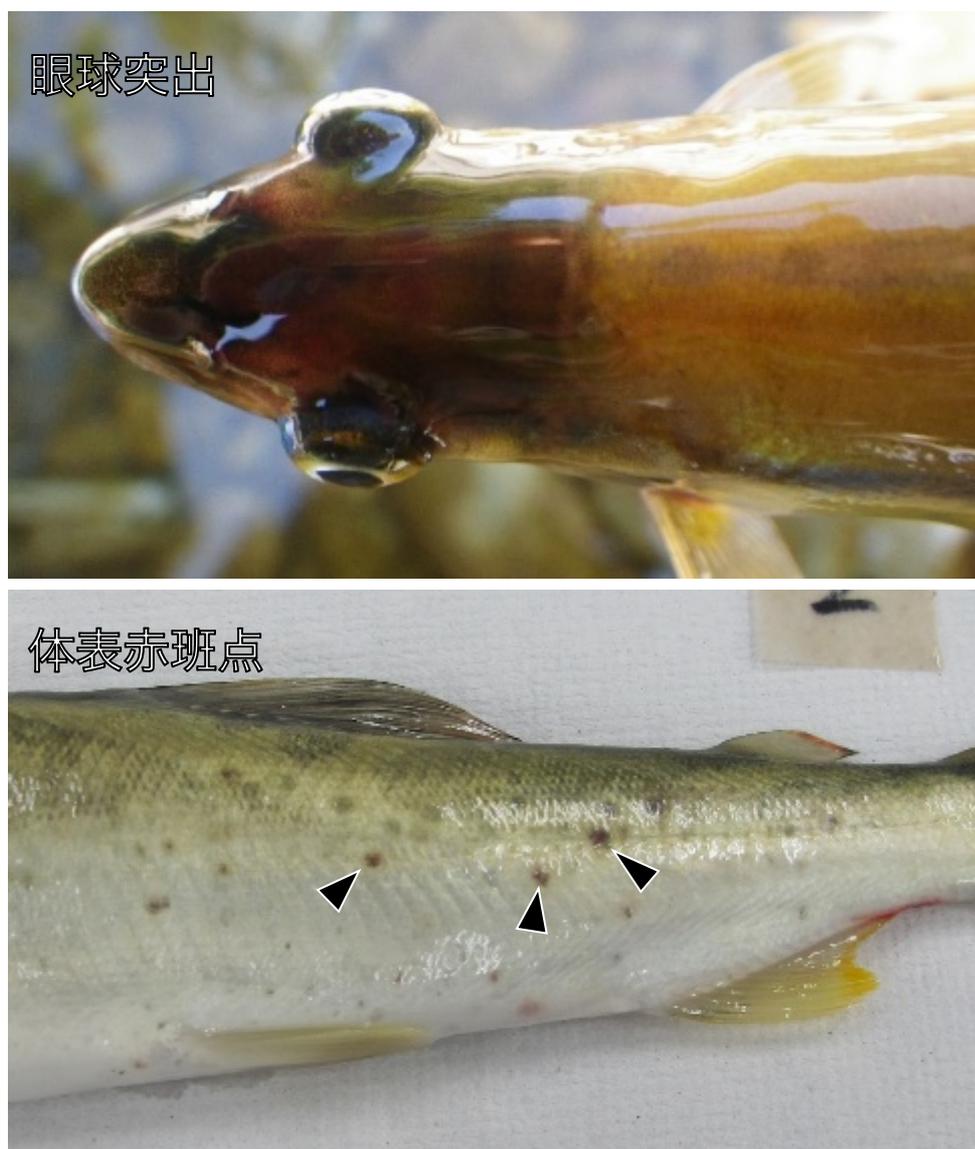
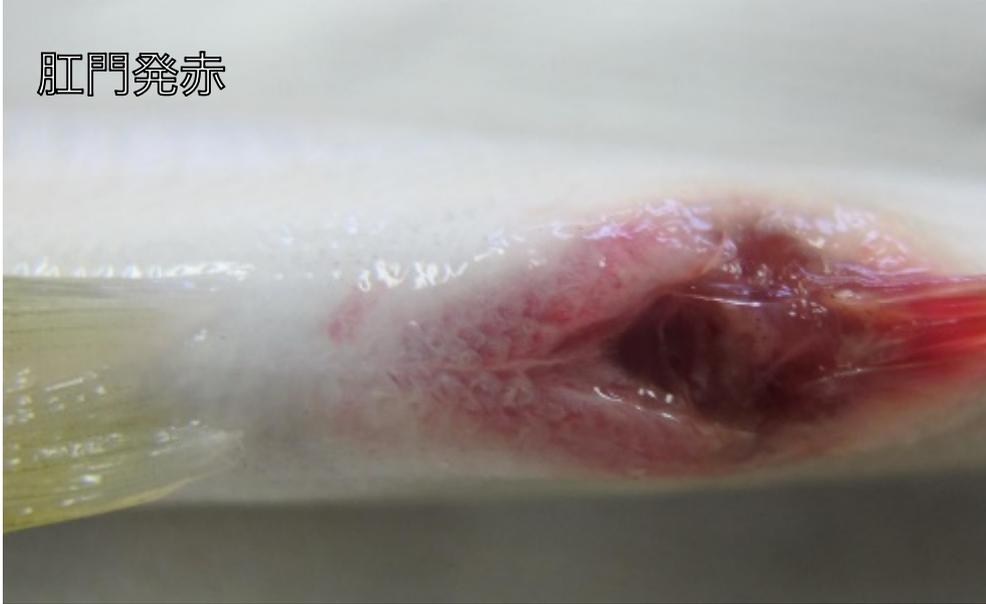


図2 アユのエドワジエラ・イクタルリ感染症の典型症状
(Takeuchi *et al.*, 2016)

エドワジエラ・イクタルリ感染症-2

肛門発赤



(出血性) 腹水

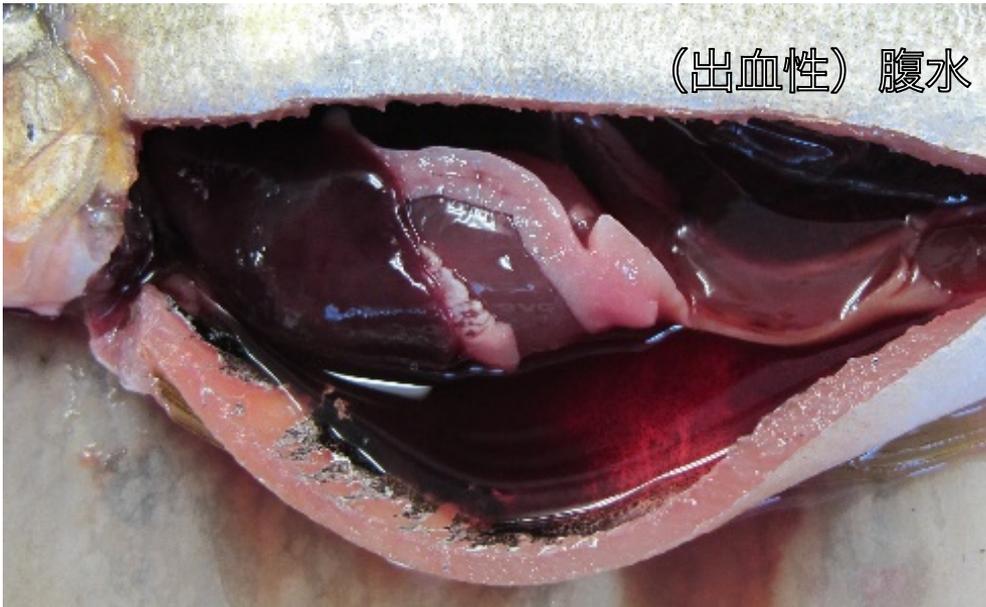


図2 続き

2. 他の感染症との見極めと発生時期

(1) 河川で認められるアユの魚病

河川で被害が認められているアユの魚病は、エドワジエラ・イクタルリ感染症に加え、細菌性冷水病、エロモナス症があり、その見極めが重要である（表3）。

表3 河川で認められるアユの細菌感染症と典型症状

魚病名	発生月	典型症状
細菌性冷水病	5～6月	体表の穴あき, 下顎の発赤・崩壊
エロモナス症	7～8月	下顎・体表の出血, 鰭基部の出血 肛門の発赤, 腹水
エドワジエラ・イクタルリ感染症	8月	眼球突出, 体表赤班点 肛門発赤, (出血性)腹水

(2) エドワジエラ・イクタルリ感染症以外に河川で認められる魚病の典型症状

・細菌性冷水病

グラム陰性の長桿菌である *Flavobacterium psychrophilum*（冷水病菌）を原因細菌とする細菌感染症である。主に5～6月に多くの河川で発生が認められ、罹患した魚体では体表の穴あきや下顎の崩壊などの症状が認められる（秋季に発症が認められる場合もある）（図3）。なお、冷水病菌は遺伝子型によりA型とB型に区別されるが、アユに病原性を示すのは多くの場合A型である。

・エロモナス症

エロモナス症は、古くからグラム陰性桿菌である *Aeromonas* 属細菌（多くは *A. hydrophila*）を原因細菌とする症例が養殖場（稀に河川）で知られていたが、2016年7月に、関東地方の河川で *A. veronii* を原因細菌とするエロモナス症の発生が確認された。病魚から分離された菌株を用いて感染実験を実施した結果、アユに対して明瞭な病原性が確認されたことから、今後、注意を要する感染症の一つである。症状がエドワジエラ・イクタルリ感染症と類似しており、*E. ictaluri* との混合感染もみられる。典型症状は、下顎・体表・鰭基部の出血、肛門の発赤、腹水などであり（図4）、エドワジエラ・イクタルリ感染症と症状が類似しているため、診断には注意が必要である。

細菌性冷水病



図3 細菌性冷水病の典型症状 (Takeuchi *et al.*, 2016)



エロモナス症

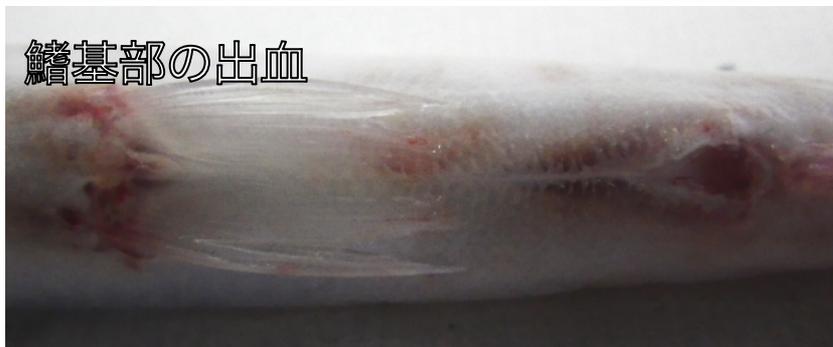


図4 エロモナス病の典型症状 (Takeuchi *et al.*, 2018)

(2) 河川水温と発生時期

エドワジエラ・イクタルリ感染症は夏季（8-9月）において発生し、関東地方のモデル河川においては23～25℃前後の水温がしばらく続いた後に発生が確認されている。一方で、細菌性冷水病は16～20℃、エロモナス症は21～25℃の水温帯で発生しており、両者とも大幅な水温変動が起きた後に発生する傾向が認められている（図5）。

※河川水温の測定・記録

河川における魚病の発生は水温と密接な関係が認められるが、河川（場合によっては地点）毎に水温やその変動は大きく異なる。

よって魚病が頻発している河川では、少なくとも魚病が頻発する時期やその前後の時期の水温データを毎年記録して残すべきである。そして、どのような水温の時に魚病が発生しているのか確認することができれば、より適切な放流時期や放流地点を定める上で有効な情報となることが期待される。

参考情報：河川における水温の測定・記録法

- ・水温計による定期水温測定
（できるだけ常に同じ地点・水深・時間帯で測定）
- ・データロガーによる継続的水温測定
例：[Onset社ペンダントロガーと設置風景](#)
- ・公的機関の水質観測データの利用
注：観測データがない河川有り



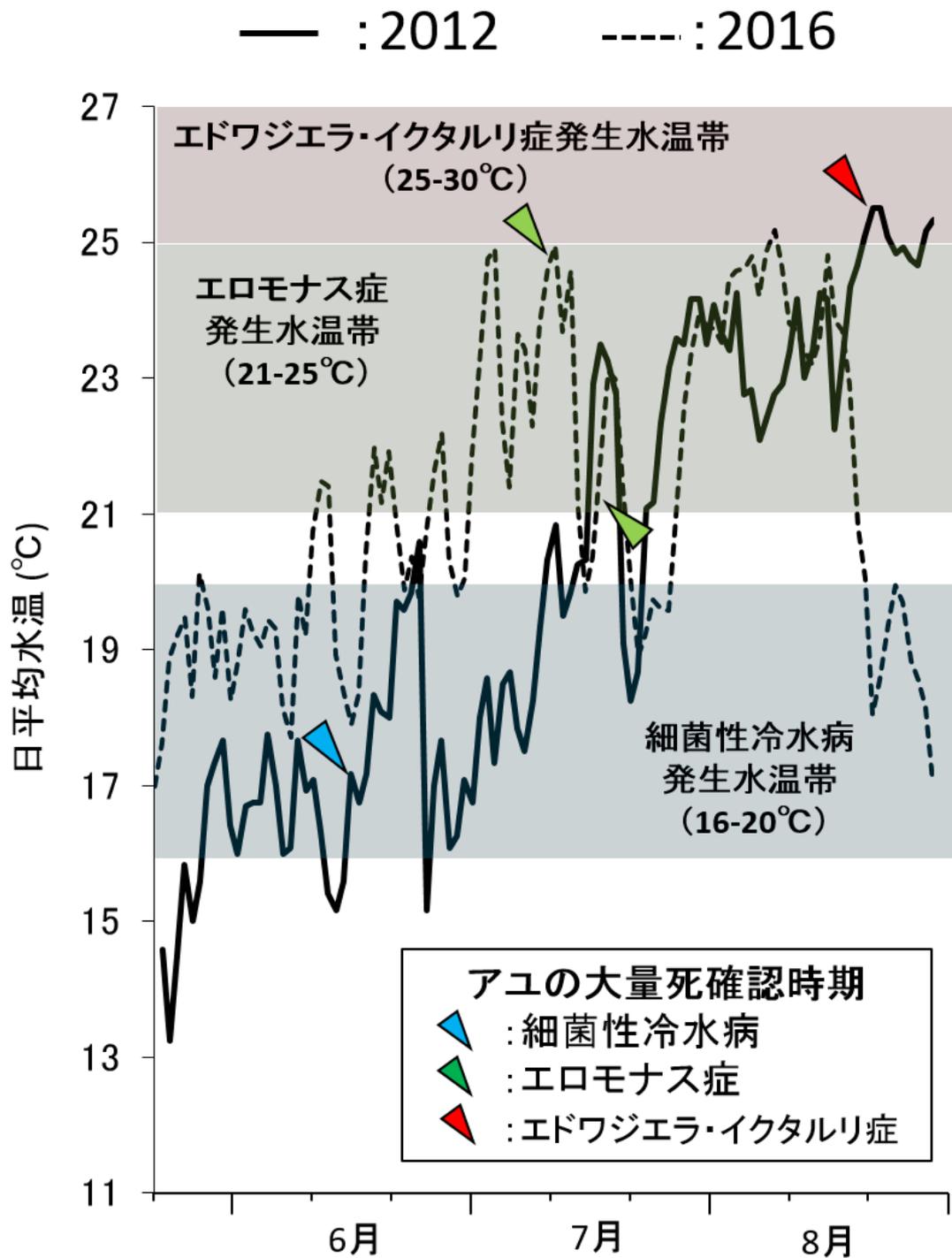


図5 関東地方のモデル河川における2012および2016年6~8月の日平均水温の変動と各感染症の発時期

3. 発生要因

エドワジエラ・イクタルリ感染症は、発生する年と発生しない年がある。また、発生が頻発する河川と、全く認められない河川があることも知られている。

その理由としては、発生要因が複数重なって初めて生じるためと考えられており、*E. ictaluri*の浸潤が確認されている河川では、各要因の状況を調べ、発生リスクを確認しておくべきである。関東のモデル河川における調査結果を例として、各発生要因の詳細を下記に示す。

(1) 発生要因-1：水温

河川の水温が2週間近く22~25℃で続いた後、更に25℃以上に上昇した時に発生が認められている（図6）。

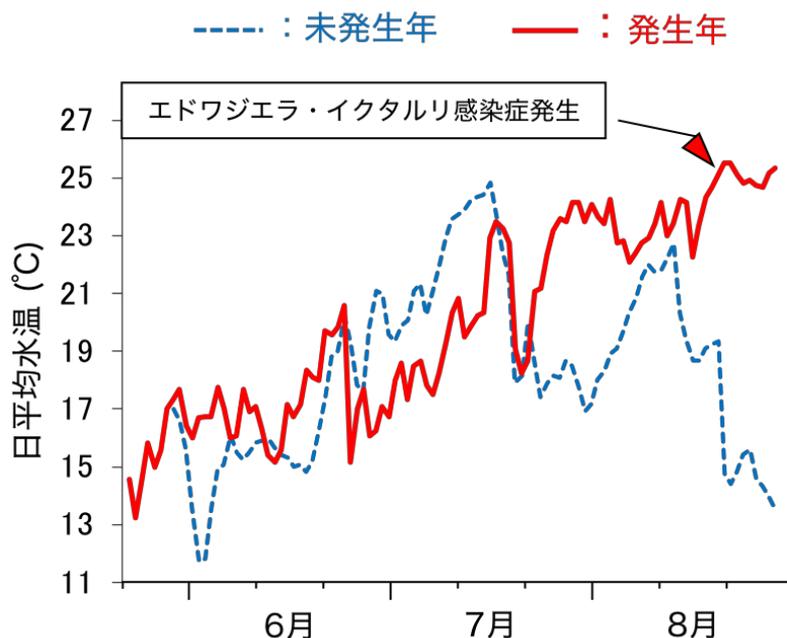


図6 関東地方のモデル河川におけるエドワジエラ・イクタルリ感染症発生年および未発生年の日平均水温の変動の実例

(2) 発生要因-2：水量

3.(1)で示した継続的な高水温は、雨水が乏しく、河川の水量が減少した年に生じやすい。なお、水量（流量）データの取得が困難な場合は、水位データを用いることにより水量の増減を推定することができる（図7）。

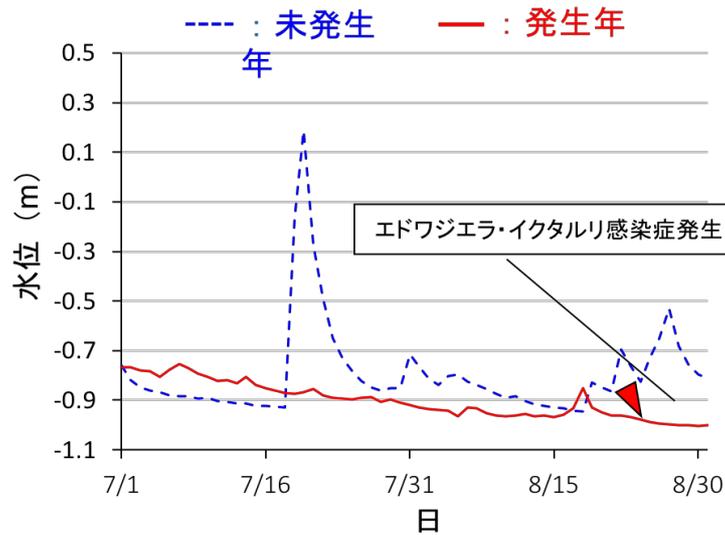


図7 関東地方のモデル河川におけるエドワジエラ・イクタルリ感染症発生年および未発生年の水位変動の実例。発生年は水位の変動が少なく減少傾向にある

(3) 発生要因-3：水温日較差（1日の最高水温値と最低水温値の差）

3.(2)で示した河川における水量の減少は、河川における水温日較差の上昇をもたらす。水温日較差の上昇は *E. ictaluri* による感染実験においてアユの死亡率を著しく上昇させることが確認されており、主要発生要因の一つであるといえる(図8)。

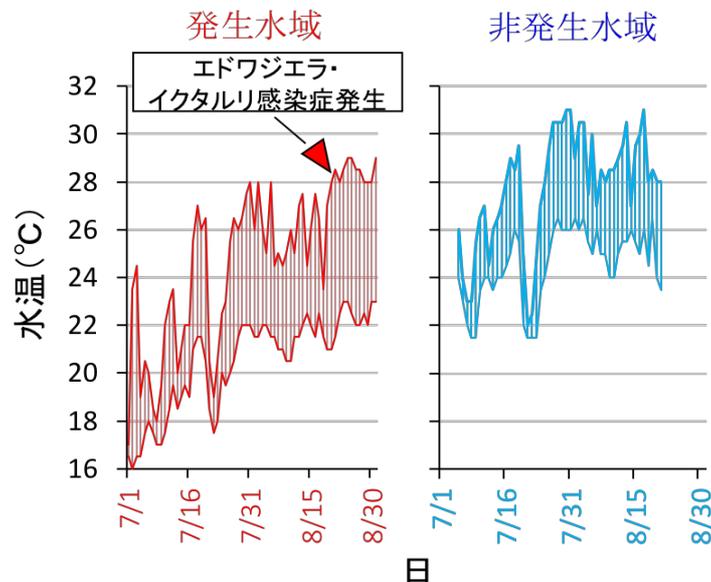


図8 データロガー（4回計測/日）により測定された、同一水系におけるエドワジエラ・イクタルリ症の発生水域と非発生水域の水温日較差の実例。発生水域の水温は非発生水域と比べ低い、水温日較差の平均値は2°C以上高い

(4) 発生要因のまとめ

以上の結果をまとめると、エドワジエラ・イクタルリ感染症の発生リスクは、

- ・ 猛暑に伴う河川の水温上昇
- ・ 雨水の減少に伴う河川水量の減少（渇水）
- ・ 河川水量の減少（渇水）に伴う水温日較差の上昇

が、重なった際に上昇するといえる。

なお、モデルとした河川で放流されたアユからは *E. ictaluri* が分離・検出されたことはなく、放流アユが本症の発生に関与している可能性は低い。

ただし、過去に *E. ictaluri* を保菌するアユを放流し、夏季にエドワジエラ・イクタルリ感染症の発生が生じた河川の事例があることから、*E. ictaluri* フリーの種苗を放流していくことは極めて重要である。

参考資料：

水温日較差の上昇が生じている河川のイメージ像



通常



渇水

4. 診断法と注意点

河川においてエドワジエラ・イクタルリ感染症の発生が疑われた時の診断手順、および注意点を図 9 にまとめた。なお、診断で使用されている増菌培養法や特異的 PCR 法に関する詳細な手順は、国立研究開発法人 水産研究・教育機構 増養殖研究所の魚病診断マニュアルを参照して頂きたい。

(1) 診断-1：水温の測定

エドワジエラ・イクタルリ感染症は、水温が 25°C以上に達した水域で発生することが多いため、河川水温の状況を確認する。

水温 16～20°Cに発生する細菌性冷水病とは区別することができるが、21～25°Cで発生するとされるエロモナス症との識別は難しい (2.(2)参照)。

(2) 診断-2：病魚の症状観察

瀕死魚または死亡直後の魚体の症状を肉眼で観察する。肛門発赤や出血性の腹水が認められた場合はエドワジエラ・イクタルリ感染症の発生を疑い (2.(1)参照)、診断用の魚体 (検体) を一定数確保する。

検体は、できるだけ瀕死魚または死亡直後の魚体を選び、余分な水を除いてからビニール袋等に入れ、氷等を密着させることにより十分に検体を冷却させる。これらの作業は、腸内細菌を腹腔内に漏出させないための大切な処置である。また、培養法による検査を基本としているため、検体は冷凍すべきではない。

(3) 診断-3：原因細菌の同定

エドワジエラ・イクタルリ感染症の発生のみが疑われる場合は、増菌培養法および特異的 PCR 法の組み合わせにより *E. ictaluri* の検出を行う。エロモナス症や他の感染症が疑われる場合は、平板培養法と特異的 PCR 法の組み合わせも実施する。

平板培養法は、新鮮な検体と正確な微生物の取り扱い技術が必要となるが、増菌培養法と比較して *E. ictaluri* の検出効率に差は殆どなく、混合感染の診断においても優れている。使用する臓器は腎臓が扱い易いが、*E. ictaluri* の検出感度は脾臓の方が高いとの指摘もある。

5. 被害低減を考える上での原因細菌に関する情報

(1) 遡上アユの保菌開始時期

関東のモデル河川において3～6月にかけて遡上アユを毎月採捕し、増菌培養法および平板培養法を用いて保菌状況を調べたところ、3～4月に河口・下流域で採捕されたアユでは原則的に *E. ictaluri* は検出されないのに対し、5～6月に中流域まで遡上してきたアユからは *E. ictaluri* が検出されることが明らかとなった（図10）。

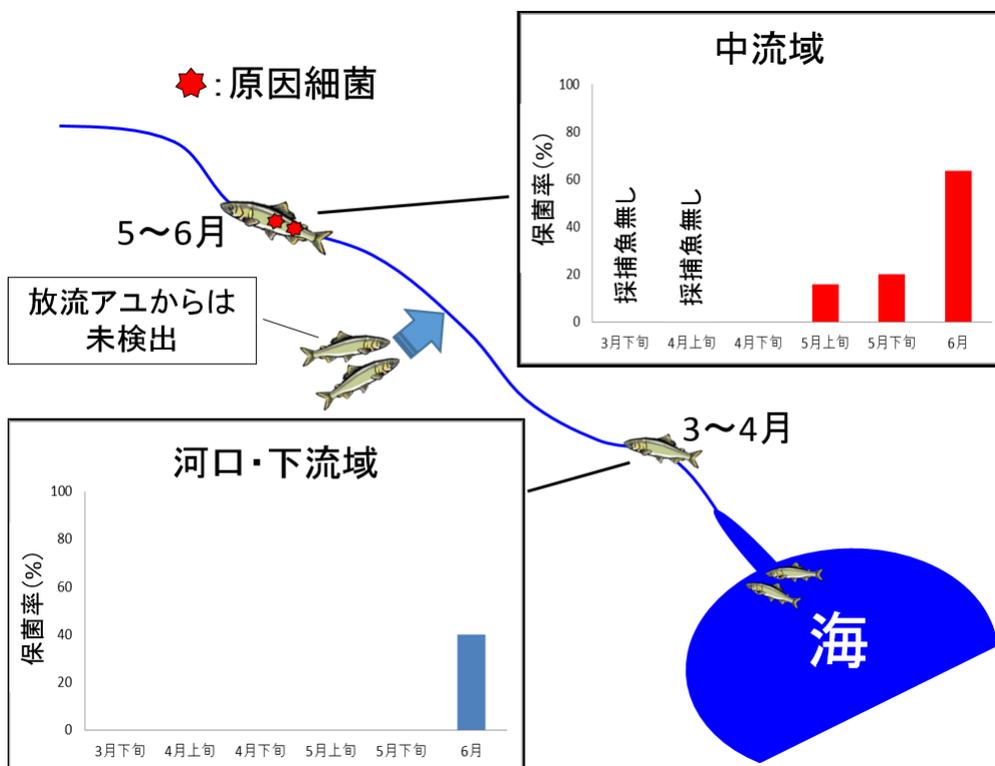


図10 関東地方のモデル河川における3～6月の保菌調査結果。保菌率は、腎臓、脾臓、または腸管から *E. ictaluri* が検出された採捕アユの割合として算出（2018年調査結果）

(2) 河川環境中における局在および動態

(1)と同一河川でリアルタイムPCR法（qPCR）法（図11）により河川環境物中の *E. ictaluri* の検出・定量を行った結果、河川水、石面付着藻類（石面付着有機物）、底泥から *E. ictaluri* が検出された。

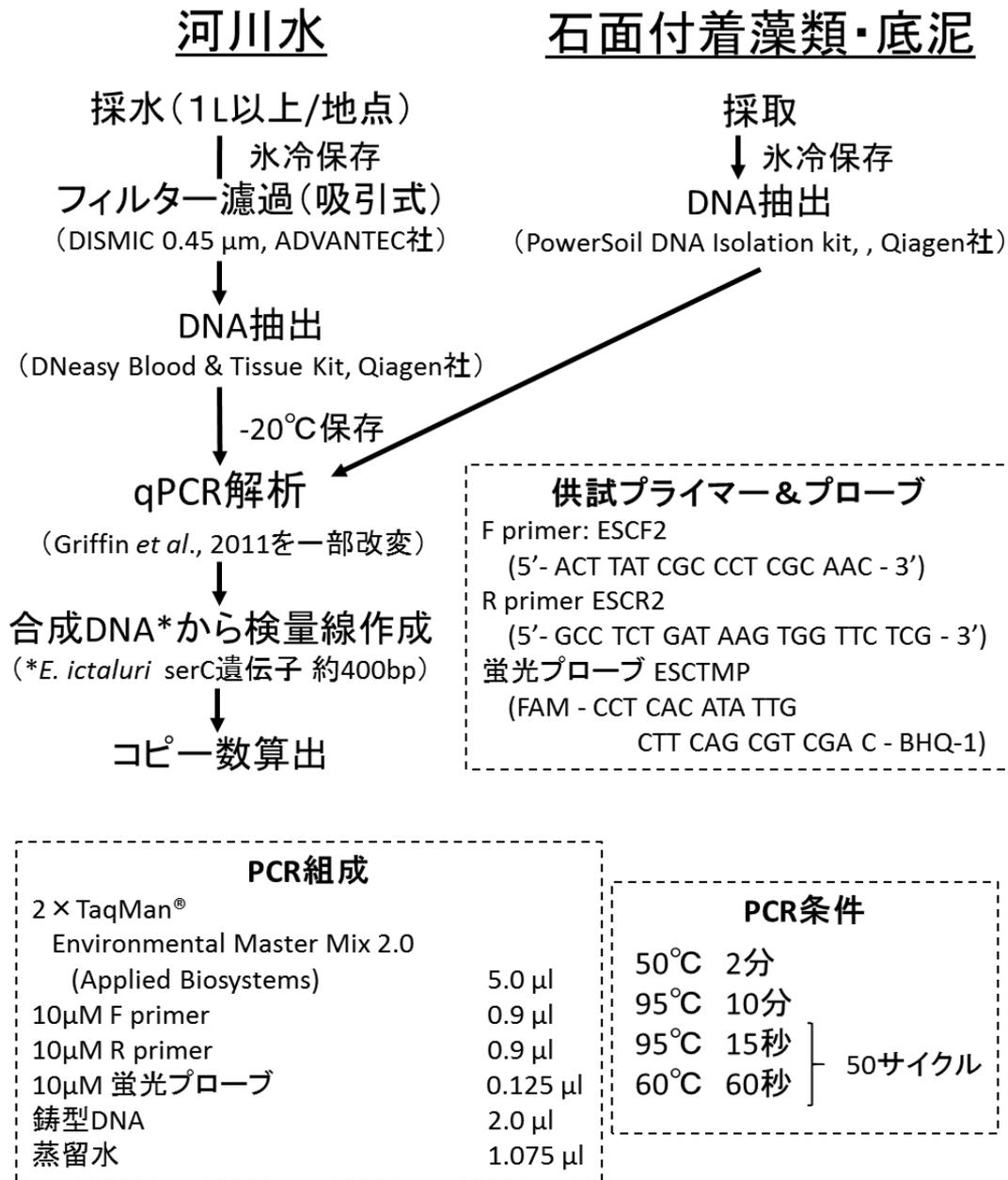


図 11 河川水および石面付着藻類・底泥中における *E. ictaluri* 検出・定量法

河川水中の動態をみると、1～3月では中流～下流域の一部水域においてのみ検出され、水温の上昇に伴い河川全域（最上流のアユ非生息水域は除く）に拡がり、秋季になると再び中流・下流域に収束していく傾向が認められた。

石面付着藻類や底泥中の動態も、1～3月では中流・下流域の特定地点において高濃度の *E. ictaluri* が検出され（図12）、夏季になると上流域でも *E. ictaluri* の高濃度地点が認められるようになった。なお、最上流のアユ非生息水域では、季節を通じて石面付着藻類や底泥中から *E. ictaluri* は検出されていない。

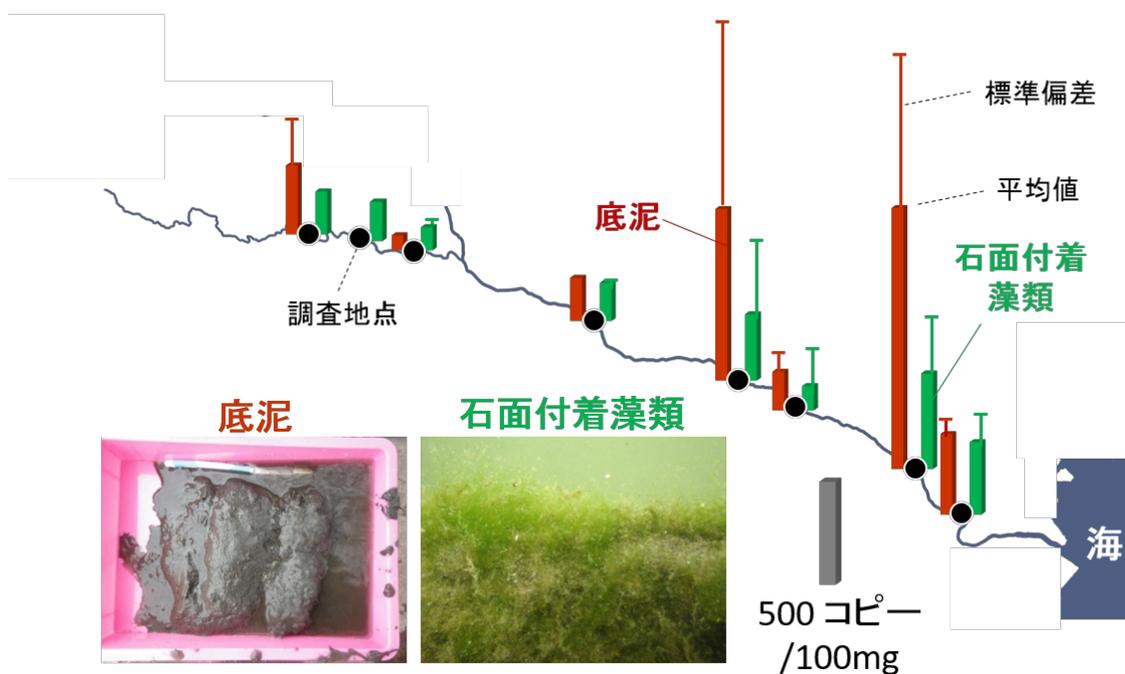


図12 関東地方のモデル河川における2月の石面付着藻類および底泥中の *E. ictaluri* 濃度（qPCR解析：2017年調査）。

(3) 感染経路

5～6月の中流域で採捕されたアユの胃内容物からは、増菌培養法により *E. ictaluri* が検出された。胃内容物の組成を調べてみると、大部分の個体は藻類を摂餌しており、主要藻類は珪藻類の一種である *Melosira varians* (図13)であった。

5～6月の *E. ictaluri* が検出された石面付着藻類の主要種も *M. varians* であったことから、アユは遡上過程で摂餌した石面付着藻類を通して *E. ictaluri* に感染しているものと考えられた。

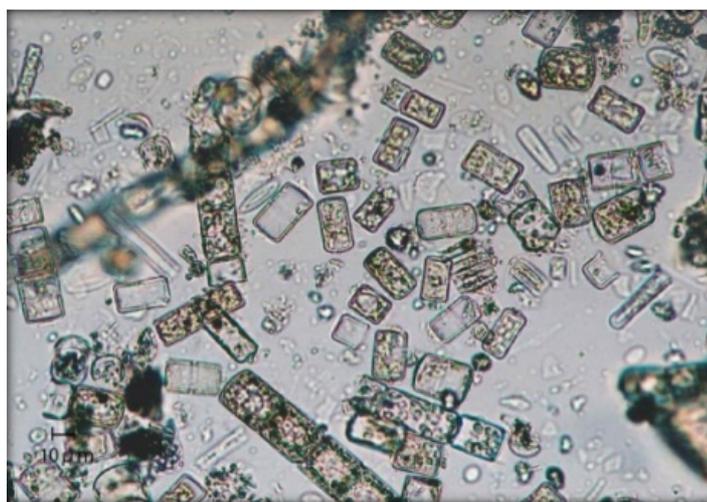


図13 アユの胃内容物中に認められた珪藻類 *Melosira varians*

6. 被害低減対策

1.~5.で示したエドワジエラ・イクタルリ感染症や原因細菌に関する情報に基づいた4つの被害低減対策を示す(図14)。

(1) 情報1：大量死発生河川の共通点は夏季における高水温および低水量(渇水)

対策：短期的対策としては、ダム下部からの放水により河川水温を低下させ、水量を安定させる方法が考えられる。また人工林の荒廃等により保水力が低下している河川においては、森林資源を保全していくことで、保水力を回復させる長期的対策も検討すべきである。

(2) 情報2：*E. ictaluri*の高濃度水域が存在

対策：モデル河川では、河川水や石面付着藻類等から高濃度の*E. ictaluri*が検出される水域(地点)が認められた。アユは、石面付着藻類を摂餌することで*E. ictaluri*に感染しており、多くの河川で高濃度の*E. ictaluri*水域が存在するものと予想されることから、高濃度水域外での放流が推奨される。

(3) 情報3：*E. ictaluri*は放流アユから原則未検出

対策：保菌魚を放流した河川においてエドワジエラ・イクタルリ感染症が発生した事例もみられることから、*E. ictaluri*フリー種苗の放流は必須である。

(4) 情報4：*E. ictaluri*は3~4月の遡上アユから原則未検出

対策：遡上アユを汲み上げ放流等に使用する場合は、保菌リスクの低い3~4月の下流域で採捕される遡上アユを使用すべきである。

エドワジエラ・イクタルリ感染症は、治療効果を示す薬剤が確認されているが、自然河川では現実的な被害低減対策とはならない。本症の発生は、河川の水環境と密接に関わっているものと考えられることから、該当河川・水域の水環境をできるだけ正確に把握した上で、それぞれに適した対策法を選定・実施していく必要がある。

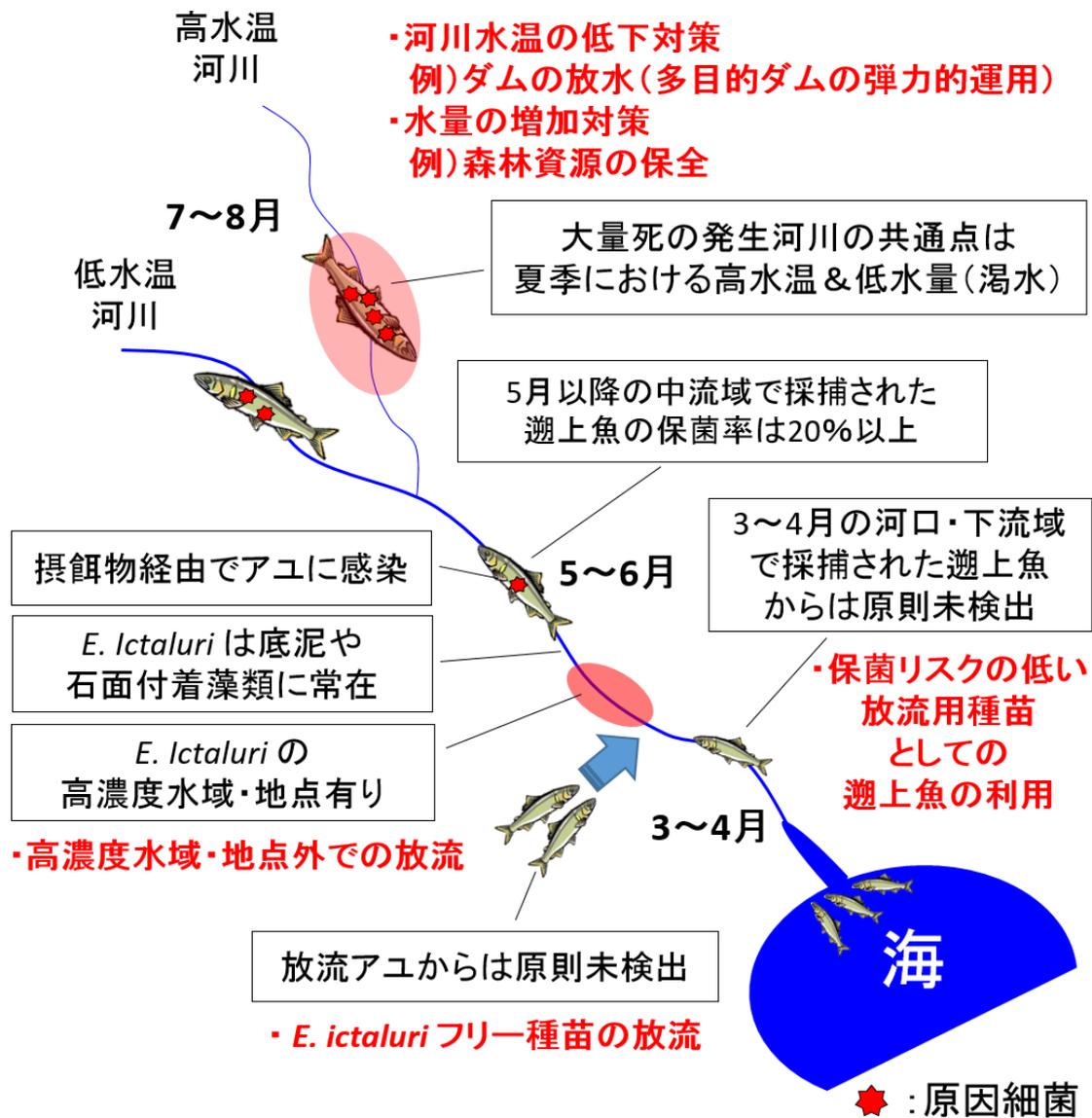


図 14 河川におけるエドワジエラ・イクタルリ感染症の被害低減対策

6. 参考資料

(エドワジエラ・イクタルリ感染症)

- T. Sakai, T. Kamaishi, M. Sano, K. Tensha, T. Arima, Y. Iida, T. Nagai, T. Nakai, T. Iida (2008): Outbreaks of *Edwardsiella ictaluri* infection in ayu *Plecoglossus altivelis* in Japanese rivers. *Fish Pathology*, 43(4), 152-157.
- T. Nagai, E. Iwamoto, T. Sakai, T. Arima, K. Tensha, Y. Iida, T. Iida, T. Nakai (2008): Characterization of *Edwardsiella ictaluri* isolated from wild Ayu *Plecoglossus altivelis* in Japan. *Fish Pathology*, 43(4), 158-163.
- 飯田貴次・坂井貴光・高野倫一 (2016) : エドワジエラ症. *魚病研究*, 51(3) 87-91.
- H. Takeuchi, M. Hiratsuka, H. Oinuma, Y. Umino, D. Nakano, M. Iwadare, R. Tomono, K. Hori, T. Imai, T. Ishikawa, A. Namba, N. Takai, T. Ryuu, H. Maeda, T. Nakai, N. Mano (2016): Infection status of ayu and other wild fish with *Flavobacterium psychrophilum* and *Edwardsiella ictaluri* in the Tama river, Japan. *Fish Pathology*, 51(4), 184-193.
- 坪井潤一・寺島祥子・高野倫一・森広一郎・鈴木俊哉・石原学・高木優也・小森謙次 (2018) : アユの *Edwardsiella ictaluri* 感染と友釣りでの釣られやすさの関係. *日本水産学会誌*, 84(3), 393-398.

(細菌性冷水病)

- 熊谷明 (2016) : 細菌性冷水病. *魚病研究*, 51(4), 153-157.

(エロモナス症)

- H. Takeuchi, A. Namba, K. Hori, S. Kashiwada, N. Mano (2018): *Aeromonas veronii* biovar *sobria* associated with mortalities of riverine ayu *Plecoglossus altivelis* in the Tama river. *Fish Pathology*, 53(2), 86-89.

(qPCR 解析)

- M.J. Griffin, M.J. Mael, T.E. Greenway, L.H. Khoo, D.J. Wise (2011): A real-time polymerase chain reaction assay for quantification of *Edwardsiella ictaluri* in catfish pond water and genetic homogeneity of diagnostic case isolates from Mississippi. *Journal of Aquatic Animal Health*, 23(4), 178-188.

魚類防疫技術書

河川におけるアユの
エドワジエラ・イクタルリ感染症

文責：間野伸宏・竹内久登・難波亜紀
(日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科)

平成 31 年 3 月

公益社団法人 日本水産資源保護協会

〒104-0044 東京都中央区明石町 1-1
東和明石ビル 5F
Tel: 03-6680-4277 FAX: 03-6680-4128