

C-2 酸性汚染物質の陸水の水質と生物に与える影響の実態解明に関する研究

(2) 溪流河川の水質の魚類の分布行動に与える影響の実態解明

独立行政法人水産総合研究センター

中央水産研究所 内水面研究部

北村章二・生田和正

平成14～16年度合計予算額 9,980千円

(うち、平成16年度予算額 3,400千円)

[要旨] 酸性降下物により河川が酸性化した際の魚類の分布・行動への影響予測及び酸性化が懸念される河川におけるサケ科魚類の生息に及ぼす酸性降下物の影響実態を明らかにするため、①イワナ及びブラウントラウトを用いた遡上行動観察実験②自然酸性河川におけるイワナや水生昆虫の分布調査③新潟県三面川上流域における河川水質とイワナの生息調査④血中Na⁺イオン濃度の変化を指標にしたイワナの耐酸性実験を行った。

その結果、①イワナやブラウントラウトは母川水であってもpH6.0以下に酸性化した場合には、遡上行動が著しく阻害され、一部は非母川に遡上する。②自然酸性河川においてイワナは中性の沢の流入地点より上流のpH6.14±0.16以下の水域には生息しない。③三面川は現時点では酸性化は顕在化しておらず、イワナは調査した全ての沢で生息が確認されたが、アルカリ度、段階別中和能測定結果などより、局所的、一時的には微弱酸性化している可能性が認められた。④酸緩衝能の低い沢のイワナは比較的耐酸性が比較的高く、一時的にでも微弱酸性環境を経験している可能性が示された。これらのことから、一般に酸緩衝能の乏しい河川の源流域では、現在酸性降下物による酸性化が恒常的にはみられなくとも、一時的・局所的にはイワナの生息・産卵に影響を及ぼす程度の微弱酸性化が起きていることが考えられた。また、今後水域が恒常的にpH6程度に酸性化した場合には生息・産卵域を失う可能性が高いことが明らかになった。

[キーワード] 酸性雨、イワナ、産卵遡上行動、自然酸性河川、三面川

1. はじめに

北欧や北米と同様、今後我が国でも酸性降下物による環境汚染が進行し、陸水生態系に悪影響を及ぼすことが危惧されている。サケ科魚類は繁殖行動時に酸性環境に極めて敏感で、pH6.0-6.4程度で産卵行動や産卵場所に向かう河川遡上行動が著しく阻害されることがこれまでの研究で明らかになっており^{1),2),3)}、河川の酸性化が起きた場合、それが微弱であっても資源の減少は避けられないものと思われる。

また、新潟県朝日村及び村上市を流れる三面川は、サケの増殖事業の発祥地として有名であるが、上流には酸中和能力の乏しい花崗岩地域が広がっているため、季節風により運ばれてくる大陸からの酸性汚染物質による陸水の酸性化とそこに生息するイワナへの影響が懸念されている⁴⁾。

2. 研究目的

酸性降水物によりイワナ等が生息する渓流域が酸性化した場合、魚類やその餌となる水生昆虫の分布・行動にどのような影響があるかを予測するため、イワナやブラウントラウトの河川遡上行動に及ぼす環境酸性化の影響を行動観察実験により検討するとともに、火山性の自然酸性河川における水質とイワナや水生昆虫の生息分布との関係について調査した。また、三面川上流域における河川水質やイワナの生息に及ぼす酸性降水物の影響実態を明らかにするための調査を行うとともに、生息する河川水質の違いによるイワナの耐酸性の差異を明らかにするため、短期間強酸性水に曝露した時の血中Na⁺イオン濃度の変化を指標に比較する実験を現地で行った。

3. 研究方法

(1) イワナ及びブラウントラウトの河川遡上行動観察実験

サケ科魚類は成熟すると産卵場所を求めて上流に移動したり、本流から支流に遡上したりする。この産卵期の遡上行動を2面の独立した上面池と1面の下面池を2本の塩ビパイプでそれぞれ連結して作ったY字実験水路にて再現し、酸性水の影響を調べた。下面池に成熟(排卵・排精)した雌雄のイワナまたはブラウントラウトをそれぞれ30尾ずつ収容し、一方のパイプには中性水、他方には希硫酸滴下により酸性水(pH6.0, 5.5)を流してそれぞれのパイプへの遡上行動を48時間観察する実験を2種行った。1つは両パイプとも実験魚が飼育されていた用水を流し、一方を酸性とした。もう1つは片方の側に飼育水、もう一方に水質の異なる別の河川水を流し、飼育水側を酸性とした。

(2) 自然酸性河川における水質とイワナの生息調査

1) 調査水域の概要

栃木県栗山村の川俣湖(人造湖)上流の鬼怒川、鬼怒川支流の黒沢、黒沢支流のトウガン沢、門石沢、右沢、赤岩沢及び魚沢(図1)において、河川水質とイワナの生息調査を行った。黒沢は上流にトウガン沢と門石沢の2本の自然酸性河川を支流とし、鬼怒川と合流するまでに右沢、赤岩沢、及び魚沢の中性河川が合流している。調査は、2001年5、7、10、11月の4回、2002年は5、6、7、8、9、11月の6回行った。

2) 調査項目

① 水質

水質の調査は、酸性河川のトウガン沢(A1)、門石沢(A2)、トウガン沢と門石沢の合流(A3)、右沢(N1)、右沢と黒沢の合流(A4)、黒沢中流(K1)、黒沢の魚沢との合流点上流(K2)、黒沢の魚沢との合流点(K3)、魚沢(N3)、黒沢の鬼怒川との合流点上流(K4)、及び鬼怒川本流(N4)で行った(図1)測定は水温、pH、電気伝導度、溶存総アルミニウム量、溶存陽・陰イオン濃度、アルカリ度、段階別中和能及び流量について行った。

pHは送液式のpH測定器(TOA FAR-201A, HM-30VpHmeter)で測定した。室内で測定したpHは室内水温とフィールド水温間の温度差補正を行った。

電気伝導度は、電気伝導度計(TOA CVP-101P)で、総アルミニウム量はCuvette test (LCK-301)で、溶存イオンはイオンクロマトグラフィー(TOA ICA-5000)でそれぞれ測定した。陽イオンはNa⁺、K⁺、NH₄⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、陰イオンはCl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻の濃度を測定した。

段階別中和能は、降雨時に河川のpHがどれだけ変化するかを実験室で再現する方法であり、

アルカリ度と同様に酸性雨の影響の受けやすさを評価する指標でもある。河川水100mlに硫酸0.001N、0.01N、0.1Nをそれぞれ1mlずつ混合し、そのときのpHを測定した。結果は井上らの方法⁵⁾に従って評価した。

流量は河川断面積×流速により算出した。河川断面積は、河川の端から1m毎に水深を測定して求めた。流速は回転式流速計(コスモ理研 CR-7)で、水深測定した2点の間を3回ずつ測定し、その平均を求めた。

②イワナの分布と密度

イワナの分布調査は黒沢の魚沢との合流点下流100mから合流点上流約200m及び魚沢65mの間で行った。イワナは電気漁具(SMITH-ROOT, INC 12-A POW ELECTROFISHER)で採捕し、体長、性別、熟度を確認後、鰭切除による標識を施して再放流した。その後の標識再捕の結果から、ピーターセン法により推定生息密度を算出した。黒沢ではイワナの放流は数十年来行われていないため、生息するイワナは全て天然魚とみなした。

③水生昆虫の種組成と個体数

水生昆虫の採集は、5月と11月の2回、地点A4, K1, K2, K3, N3, N4で行った。25cm×25cmの枠を用いて1地点について同様の条件の環境を4ヶ所採集し、それらを合わせて0.25m²内に生息している種数と個体数とした。採集したサンプルは70%エタノールで固定した後、同定及び計数を行った。

(3) 三面川上流域における河川水質やイワナの生息に及ぼす酸性降下物の影響実態

1) 河川水質

2003年5月29日及び10月29・30日に三面川支流9地点(トチノヒド沢、サカエノセ沢、赤花沢、末沢川、ユウノ沢、石黒沢、猿田川、ヤナギ沢、フスベ沢)(図2)で水質調査を行った。測定は、水温、pH、電気伝導度、溶存総アルミニウム量、溶存陽・陰イオン濃度、アルカリ度、段階別中和能、流量について行った。測定方法は(2)-2)-①と同様に行った。

2) イワナの生息

1)の調査地点毎に電気漁具でイワナを捕獲し、被鱗体長、性別、成熟度を確認後放流した。また、10月の調査においては調査区間の川幅と長さから河川の表面積を求め、面積当りの捕獲尾数を算出した。

3) 酸性環境下におけるイワナの血液成分変化

実験は2003年10月29日及び30日にトチノヒド沢と石黒沢(図2)で行った。それぞれの沢で電気漁具により捕獲したイワナ(平均体長:10.23-12.01cm)を供試魚とし、酸性水曝露実験を行った。1つの沢で2個ずつのコンテナを用意し、1つは河川水のみを入れた対照区、もう1つは河川水を硫酸添加によりpH3.5に調整した試験区として、捕獲したイワナをトチノヒド沢では7尾ずつ、石黒沢では8尾ずつ収容した。実験中は携帯用エアープンプで十分に曝気し、水温を一定にするためにコンテナの下半分を河川内に浸した。

実験開始前と開始4時間後にすべてのイワナの尾柄部から採血を行い、直ちにポータブル血液分析器I-STATアナライザー200(アイスタットコーポレーション アメリカ合衆国)にて分析した。血液成分のうち、pH、Na⁺、K⁺、iCa、HCO₃⁻、PCO₂、Hctを測定した。

使用した血液分析器は本来医療用であり、測定されたpH、PCO₂、HCO₃⁻はヒトの体温37℃における値のため、魚体温にあわせて適宜温度補正を行った。

4. 結果・考察

(1) イワナ及びブラウントラウトの河川遡上行動観察実験

両魚種ともに、実験を開始した翌日(開始後18時間以内)に遡上した個体が多かった。水路の両側とも中性(pH6.8)の飼育水(母川水)を流した場合には、水路選択率に偏りはなかったが、一方の水路に硫酸滴下してpHを6.0, 5.5にするとイワナ、ブラウントラウトともに中性水路を有意に選択した(表1)。次に一方を母川水、他方を水質の異なる河川水(非母川水)とした場合、両魚種ともすべて母川水側を選択した。このとき母川水側を酸性(pH6.0)にすると、イワナはこれを忌避し、非母川水を選択して遡上するものもあったが、全体の遡上率が下がり、どちらにも遡上しないものが多かった。ブラウントラウトは非母川には遡上しなかったが、母川に遡上する個体数が著しく減少した(表2)。これらのことより、母川が酸性化した場合、付近に中性の河川があっても、遡上産卵する個体がイワナ、ブラウントラウトともに著しく減少することにより、資源の減少へとつながることが考えられた。

(2) 自然酸性河川における水質とイワナの生息調査

①水質

pHは、酸性河川であるトウガン沢と門石沢でpH4台と低い値を示した。黒沢では中性河川(右沢、赤岩沢、魚沢)が合流するため、上流ではpH5台であるが、下流に行くにしたがって上昇してpH6台、鬼怒川合流点上流ではpH7付近にまで上昇し、季節的に大きな変動がみられた(図3)。黒沢支流の右沢、赤岩沢、魚沢及び鬼怒川本流ではpH7台であった。電気伝導度、総アルミニウム量は酸性河川及び黒沢本流で高く、中性の赤岩沢や魚沢では低い傾向があった(図3)。一方アルカリ度は酸性水系で低く、中性河川で高かった。溶存イオン濃度は酸性河川、右沢及び黒沢本流では SO_4^{2-} が顕著に高い値を示した(図4)。右沢では Ca^{2+} が他の地点と比較して高かった。中性河川のイオン濃度は全体に低い値を示したが、鬼怒川では Cl^- が顕著に高い値を示した(図4)。pHと総アルミニウム量は逆相関、電気伝導度と総アルミニウム量、pHとアルカリ度は正相関を示した。各河川の流量は融雪期の5月頃に最も高く、その後11月まで低い値を示した。黒沢本流のpHは流量が増加すると上昇する傾向があったが、中性河川の魚沢では同様の傾向はみられなかった。

ニジマス雄親魚を酸性水とアルミニウム添加した水質に1週間曝露したときの生残率は、pH5.0では85%、pH5.0+A1(50ppb)では35%であることが報告されている。斃死の原因は酸性水とアルミニウムとの複合作用によって鰓細胞が破壊され、血液 Na^+ が流出することによる浸透圧低下とされている。酸性河川のトウガン沢や門石沢のアルミニウム量は1000ppb以上であることから、魚類は生息不可能な環境であるといえる。中性河川の右沢ではその他の中性河川と比べて SO_4 が多いが、現段階では Ca^{2+} 濃度が高いため、中性水質が保たれていると思われる。しかし、 Ca^{2+} が長い年月を経て消費された時は、この沢も酸性化する可能性があることが示された。イワナが生息していた黒沢の魚沢との合流点付近ではpH6以上の中性水質であったが、アルカリ度は中性河川の魚沢と比べて顕著に低く、中和能は極めて低いことが示された。

段階別中和能は、0.001Nの硫酸の添加でpHが6以下になった場合は酸性化の可能性が大きく、0.01Nの酸添加でpHが6以上の場合は今のところ酸性化の可能性が少ない河川であると評価される。そして0.001Nの硫酸はpH4台の雨、また0.01Nの硫酸はpH3台の雨に対応すると考えられる⁵⁾。イワナの生息が確認された黒沢の魚沢との合流点付近では0.001Nの酸添加でpH6以下になった(図5)。現在近接する奥日光地域ではpH4台の降雨があることから、黒沢の魚沢との合流点付近でも実際降

雨がいった時にサケ科魚類の分布に影響を与えるpHの低下が起こっている可能性が示唆された。欧米では融雪期のpHの急激な低下 (snowmelt acid shock) によりふ化して間もないサケ科の稚魚が弊死するという。調査地域は積雪量も多く、特に融雪の影響が懸念された。しかし奥日光地域の降雪のpHは5.5と降雨よりも高く (鈴木ら 未発表)、積雪のpHは酸性河川のpHより高い。従って、現段階では融雪期におけるpHの低下は起こらず、むしろpHが上昇したものと考えられる。

②イワナの分布と密度

イワナは黒沢の魚沢との合流点下流から合流点上流約200mまで確認され、pH6.14±0.161よりpHの低い上流では確認されなかった。推定生息密度は黒沢で8.8尾/100m²、魚沢で12.2尾/100m²であった。11月には黒沢で産卵床が1ヶ所、魚沢では数ヶ所確認された。

イワナは産卵期以外は本流を生息の場として利用し、産卵期のみ枝沢を利用する性質がある。調査を行った2002年11月15日は、雌雄ともに産卵を終えたと思われる個体のみが採捕され、黒沢で標識した個体が産卵期に支流の魚沢に遡上しているかどうかは本調査では確認できなかった。2001年の調査では標識をしていなかったが、産卵期の10月下旬には魚沢にイワナが遡上しており、排精・排卵した個体が採捕された。産卵床は2002年11月に黒沢で1ヶ所、魚沢との合流点付近pH6.91の地点で確認された。産卵床が確認された地点は、産卵期にはイワナが忌避したり産卵行動が抑制されたりするpHではないが、時期によりpHが変動し特に夏季にはpH6以下になることが本調査で明らかにされた。サケ科魚類は発眼卵、仔魚期、浮上期 (稚魚)、若魚、成魚と発育していく過程の中で、鰓が機能し始める浮上期が最も酸に対して弱いことが実験的に明らかにされている⁹⁾。黒沢水系でイワナが浮上し始める2~3月頃はpHは比較的高いと思われるが、水温が上昇し摂餌が活発になる6月以降にはpHが低下するため、この水域を忌避している可能性が示された。

③水生昆虫の種組成と個体数

水生昆虫の種数と個体数の調査をA4、K2、K3、N2、N3、N4で春 (2002年5月16日) と秋 (2001年11月21日) の2回 (A4、N2は1回) 行った。その結果、種数、個体数とも黒沢で少なく (3-14種, 7-39個体)、中性河川で多く (10-16種, 20-191個体) 採集された (表3)。

右沢と酸性河川の合流点 (A4) ではカワゲラとトビケラのみ32個体採集されたが、カワゲラが90%以上を占めていた。黒沢の魚沢との合流点上流 (K2) では、春はカワゲラ、トビケラ、ユスリカなど36個体採集され、カワゲラが78%と多く、トビケラ目は11%、エリユスリカの一つが8.3%であった。カゲロウは採集されなかった。秋はカワゲラが11%、トビケラが78%確認され、カゲロウは採集されなかった。黒沢の魚沢との合流点 (K3) は、春は39個体採集し、カゲロウが確認された。カワゲラ目は5.1%、トビケラ目は15%、カゲロウ目は44%、その他が36%であった。秋は7個体採集し、カワゲラが43%、トビケラが29%、その他が29%でカゲロウは採集されなかった。中性河川の魚沢 (N3) では、春は191個体採集し、カワゲラは10%、トビケラが10%、カゲロウが68%であった。秋は75個体採集し、カワゲラが5%、トビケラが79%、カゲロウが13%であった。鬼怒川 (N4) は、春は125個体採集し、カワゲラが1.6%、トビケラが8.8%、カゲロウが約90%であった。秋は121個体採集し、カワゲラが2.5%、トビケラが11%、カゲロウが39%であった。黒沢では特にカワゲラが多く確認され、それ以外の種はあまり確認されなかった。中性河川では、カゲロウをはじめ、カワゲラ、トビケラも多種・多数確認された。これら3種以外にはユスリカ、ヤゴ、ガガンボ、ブユの幼虫が確認された。

カゲロウ目は黒沢ではほとんど見られなかった。サケ科魚類の餌料生物の耐酸性評価実験によ

ると、カゲロウは酸性環境に弱く、トビケラ、ユスリカは強く、カワゲラはその中間にあることが報告されている⁷⁾。またこれまでの酸性河川における観察でもカゲロウ類はカワゲラ類やトビケラ類に比べて低い耐酸性を示し、pH5.7以下の河川での生息量が低下あるいは消失しているという⁸⁾。本調査の結果はこれらと一致した。

(3) 三面川上流域における河川水質やイワナの生息に及ぼす酸性降水物の影響実態

1) 河川水質

水質測定の結果を表4に示した。pHは全ての地点でほぼ中性の値を示した。電気伝導度はユウノ沢と石黒沢が比較的高い値を示した。総Al量は全ての地点で0.022~0.045mg/lと低い値を示した。全般に溶存イオン濃度は各調査地点とも低く、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 NO_3^- はわずかに含まれる程度であった。猿田川本流やその支流のヤナギ沢では他の調査地点に比べて Na^+ が多かった。ユウノ沢では K^+ が多く、サカエノセ沢、赤花沢、猿田川では SO_4^{2-} がやや多かった。

アルカリ度はユウノ沢や石黒沢では10mg/l以上であったが、サカエノセ沢、赤花沢、猿田川では6-7mgと低い値を示した。

段階別中和能の結果を図6に示した。5月、10月ともに0.001Nの硫酸滴下では全ての地点でのpHは6.0以下には低下しなかったが、0.01Nの硫酸滴下ではサカエノセ沢のpHが6.0以下に低下した。全ての調査地点においてpHが中性付近であったことや総Al量が少なかったことから、現時点では酸性降水物による水質への影響はほとんどないものと推測された。しかしながら、三面川下流の水質は日本の主要河川に比べて Ca^{2+} や Mg^{2+} の濃度がかなり低く、酸緩衝能に乏しいことが報告されている⁴⁾。今回の上流域における調査においても、 Ca^{2+} や Mg^{2+} をはじめとする陽イオンの濃度が低く、アルカリ度が低いことなどから、酸性降水物による影響を受けやすいことが明らかにされた。中でも、段階別中和能測定の結果から、サカエノセ沢が最も酸性降水物による影響を受けやすいことが示された。今後さらに強い酸性雨等が多く降った場合には酸性化する可能性も考えられるため、降雨や河川水の定期的な水質モニタリングを継続する必要がある。

2) イワナの生息

5月には、石黒沢、ユウノ沢、赤花沢でイワナが捕獲されたが、末沢川本流、猿田川本流、サカエノセ沢ではその姿を確認することができなかった。10月には末沢川本流以外の地点においてイワナを捕獲することができた。10月の調査地点毎の河川面積100m²当たりの捕獲数を図7に、捕獲されたイワナの調査地点毎の平均体長を図8に示した。5月の平均体長は11-13cmで最大でも16cmであったが、10月の平均体長は10-21cmで、ほとんどの地点で20cm以上の成熟したイワナが捕獲された。

イワナは産卵期になると、それまで生息域としていたところから上流やその支流に遡上して産卵することが知られている。調査水域のイワナは普段は本流やさらに下流のダム湖に生息し、産卵期になると流量の少ない沢に遡上し、産卵しているものと思われる。

今回の調査では、現在のイワナの生息状況は酸性降水物の影響は受けておらず、産卵期の沢への遡上行動も阻害されていないことが明らかになった。しかし、上記の水質測定結果によりサカエノセ沢の酸緩衝能が極めて低いことが示されたことから、今後より強い酸性雨が降った場合、この沢におけるイワナの遡上行動や生息に影響が現れる可能性もある。

3) 酸性環境下におけるイワナの血液成分変化

天然イワナをpH3.5の酸性水に曝露した結果、生息する沢によって血液成分濃度の変化に差異が

生じた。トチノヒド沢のイワナの血液成分濃度は対照区と実験区の間に差異がなかったが、石黒沢のイワナは Na^+ , Hct, PCO_2 において、対照区と実験区の間に有意差がみられた（図9）。なお、実験中に死亡や外見上異常な個体は確認されなかった。

1)の水質調査結果から、トチノヒド沢は石黒沢よりも酸緩衝能が低く河川規模も小さいことから、pHその他の環境変動がより大きいと考えられる。したがって、トチノヒド沢のイワナは融雪期などに一時的に低pH環境を経験している可能性もある。このために低pH耐性が高く、今回の実験において酸性水に曝露されても血液成分に影響がみられなかった可能性が考えられる。

5. 本研究により得られた成果

酸性雨により河川が酸性化した際の魚類の分布・行動への影響を予測するため、イワナ及びブラウントラウトを用いた遡上行動観察実験及び自然酸性河川における調査を行った。その結果、イワナ及びブラウントラウトの遡上行動はpH6.0以下で有意に阻害された。母川が酸性化した場合、付近に中性の河川があっても、遡上産卵する個体がイワナ、ブラウントラウトともに著しく減少することにより、資源の減少へとつながることが考えられた。

自然酸性河川においてもpH6.14以下の水域にはイワナの生息が確認されなかった。酸緩衝能の乏しい源流域に生息するイワナは、酸性雨により水域がpH6程度に酸性化すると、生息・産卵域を失う可能性が高いことが明らかになった。

また、酸性降下物による酸性化が懸念される三面川上流域において、河川水質やイワナの生息に及ぼす酸性降下物の影響実態調査を行うとともに、生息する河川水質の違いによるイワナの耐酸性の差異を明らかにするため、短期間酸性水に曝露したときの血中 Na^+ イオン濃度の変化を指標に比較する実験を行った。その結果、現時点では酸性降下物による水質への影響はほとんどなく、イワナの生息や産卵期の沢への遡上行動も阻害されていないことが明らかになった。しかしながら、いくつかの沢では、水質の特徴から酸性降下物による影響を受けやすい河川であることが明らかにされた。また、酸緩衝能の低い河川に生息するイワナは酸緩衝能の高い河川のイワナよりも酸性環境に生理的に適応していることを示唆する実験結果が得られ、融雪期など一時的にでも弱酸性環境を経験している可能性が考えられた。

6. 引用文献

- 1) Kitamura S., Ikuta K. (2000) Acidification severely suppresses spawning of hime salmon (land-locked sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*). *Aquat. Toxicol.*, 51, 107-113.
- 2) Ikuta K., A. Munakata, K. Aida, M. Amano, S. Kitamura (2001) Effects of low pH on upstream migratory behavior in land-locked sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*. *Water, Air, and Soil Pollution* 130:99-106
- 3) Kitamura S., Ikuta K. (2001) Effects of acidification on salmonid spawning behavior. *Water, Air, and Soil Pollution* 130:875-880.
- 4) 佐竹研一・Hyung-Jae Yang (2002) 酸性・酸化性物質に係る陸域生態系の衰退現象の定量的解析に関する研究 (8) 富栄養酸性雨の水質・底質への影響とその計測手法に関する研究—新潟県村上市三面川の水質に関する予察的研究 地球環境研究総合推進費終了研究報告書pp. 157-163.

- 5) 井上隆信・佐竹研一・橘治国 (1996-1998) 酸性・汚染物質の環境-生命系に与える影響に関する研究. 環境庁地球環境研究総合推進費終了研究報告書 pp. 61-73.
- 6) 生田和正・鹿間俊夫・織田三郎・奥本直人 (1992) サケ科魚類の発眼卵と稚魚の耐酸性評価. 養殖研報 21:39-45.
- 7) 生田和正・長野正嗣・鹿間俊夫・中村英史・北村章二・奥本直人 (1993) サケ科魚類の餌料生物の耐酸性評価. 養殖研報 22:43-48
- 8) Harrimann, R. And B. R. S. Morrison (1982) Ecology of streams draining forested and non-forested catchments in an area of central Scotland subject to acid precipitation. Hydrobiol. 88:251-263.

7. 国際共同研究等の状況

なし

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文 (査読あり)>

- ① K. Ikuta, Y. Suzuki and S. Kitamura: Effects of low pH on the reproductive behavior of salmonid fishes. Fish Physiol. Biochem. 28, 407-410 (2004)
- ② H., Yambe, A. Munakata, S. Kitamura, K. Aida, and N. Fusetani: Methyltestosterone induces male sensitivity to both primer and releaser pheromones in the urine of ovulated female masu salmon. Fish Physiol. Biochem. 28, 279-280 (2004)

<その他誌上発表 (査読なし)>

なし

(2) 口頭発表 (学会)

- ① 北村章二: 第69回日本陸水学会公開シンポジウム (2004)
「イワナの行動生理による酸性雨評価」
- ② S. Kitamura, K. Ikuta and Y. Suzuki: 7th International Conference on acid deposition, Prague, Czech, 2005 "Distribution of Japanese charr in an naturally acidified stream"
(アブストラクト提出済み)

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの)

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

- ① 下野新聞 (2004年12月5日、次頁参照)、茨城新聞 (2004年12月4日)、日本経済新聞 (2004年12月4日夕刊)、他地方数紙
- ② 読売新聞 (2004年12月18日夕刊) ホットサイエンス
- ③ PORTAL 041号 (財団法人河川情報センター2005年1月発行) 「イワナやヒメマスなどが酸性雨の影響で姿を消す恐れも 実験で産卵への悪影響が判明」

9. 成果の政策的な寄与・貢献について

今後も一般への公表・報道や行政主催の各種委員会等を通じ、成果の広報・普及に努める。