

河川と河畔でホッチャレ研究はどこに向かうのか

——サケ遺骸に関する研究事例とその周辺——

中 島 美 由 紀

1 河川を巡る物質循環とサケ

サケは、河川で生まれ海洋で成長し、成熟するとまた生まれた川に戻り、産卵して一生を終える遡河性の魚類である。サケのこの生活史が生物により駆動する物質輸送として、20年ほど前から注目されてきた。この話題の中心となる「河川」は生物の生息環境として水域と陸域をリンケージさせる空間であり(中野, 2002など), 河川にそって, 陸域の物質が上流から下流へ, そして海洋へと輸送される(白岩, 2011など)。河川での物質循環には生物が重要な役割を果たすことが多く, 有機物の細粒化とそれに対応した摂餌法の異なる種群の分布変化などが説明されてきた(Vannote *et al.*, 1980)。北半球の河川に生息するサケは, これらの経路と逆方向に, 親魚そのものが海洋性養分からなる体成分を能動的に上流域へと輸送する。サケの生活を物質輸送の視点で追うと, 特に, 海洋にて成長し河川の上流で産卵した後に遺骸となる点が重要となる。そして, 海洋と離れた河川や河畔生態系に生息する動植物がサケの遺骸である海洋由来養分を利用することが特に注目される点である。サケの遺骸は, 河川の中で他の魚類や水生昆虫などの底生大型無脊椎動物に食われるだけでなく, 哺乳類や鳥類によって捕食されて, さらに, 川から河畔の森林へと運ばれ, それらの排泄物と食べ残し等が陸域の動植物の養分となることが報告されてきた。そのため, サケ親魚の遺骸(Salmon carcasses)は, 北アメリカでの諸研究では, 2000年初頭までは, Marine derived nutrients

(MDN), その後は, Salmon derived nutrients (SDN) とも表記されるようになった. このサケ親魚の遺骸を私たちはホッチャレと呼ぶ. ホッチャレの語源は「放つてしまえ」が変化したとの説もあるが, 諸説があり, 実際は不明である. ホッチャレは, 産卵後のサケを意味しており, 遺骸だけではなく, 産卵し終えた生体の親魚も含む場合がある. ホッチャレの研究や事業は, そのほとんどがアメリカとカナダの太平洋北部西岸で行われ, また, 報告の数は及ばないが, 国内では北海道から報告されてきた. ここでは, これらの地域でのホッチャレの研究等とその背景を紹介する.

2 ホッチャレとなる太平洋サケ

さて, この「サケ」とは, 分類学ではサケ科 (Salmonidae) であり複数種が含まれる. 北太平洋でアメリカとカナダの沿岸の河川に回帰する『太平洋サケ』(pacific salmon) としては, カラフトマス (*Oncorhynchus gorbuscha*), サケ (*O. keta*), ギンザケ (*O. kisutch*), ベニザケ (*O. nerka*), マスノスケ (*O. tshawytscha*) が生息する (Groot and Margolis, 1991). また, 北太平洋西岸のロシアや日本沿岸に回帰するサクラマス (*O. masou*) や, 降海型のスチールヘッドとなるニジマス (*O. mykiss*) も, 海洋で成長し河川で遡上し産卵後にホッチャレとなる (Quinn, 2005). 国内に生息する太平洋サケに目を向けると, 北海道には, サケ, カラフトマス, サクラマス, およびベニザケの湖沼陸封型であるヒメマスと, 外来種のニジマスがいる. なお, 本州に生息する太平洋サケは, これらの魚種のうち, 北海道東部のみに遡上するカラフトマスを除く4種と, ビワマス (*O. rhodurus*) である. 北海道では, 回帰する親魚が水産業で主要な漁獲対象種であるのはサケ, カラフトマスとサクラマスの3種で, 沿岸漁獲量もこの順に多い (水産総合研究センター北海道区水産研究所 HP, 2013. 9. 2 取得). また, 北海道のサケの自然産卵の河川数を宮腰他 (2011) が報告しており, 他魚種の資料はないが, おそらく, 河川でのホッチャレも, サケが最も多いと考えられる.

3 サケ遺骸研究の先駆けとホッチャレ研究の背景

ホッチャレに話題を戻すと、その研究が多く発表されるようになったのは、1990年代からである。端緒となった研究は、Cederholm らの2件の野外調査による研究報告だった。一つは、ギンザケのホッチャレが河川内の倒流木などにより滞留する期間を明らかにした報告である (Cederholm *et al.*, 1985)。それまでは、河川では産卵後のサケはすぐに流出するとされていたが、産卵した水域に一定期間は留まることを報告した。もう一つの研究は、鳥類や哺乳動物の捕食行動であり、河川から消失したホッチャレの追跡結果で、ホッチャレが陸域の種々の動物に利用されることを示した (Cederholm *et al.*, 1989)。

ホッチャレの研究が行われた始めた90年代には、太平洋北東部沿岸のブリティッシュ・コロンビア州、ワシントン州やオレゴン州等で、太平洋サケの遡上数が激減した。サケ科魚類資源の減少は、また、流域の河川工作物や流域の森林の大規模伐採による土砂の流入等による環境破壊等の問題を顕在化させた (Cone and Ridlington, 1996)。このことが、ホッチャレ研究を推進させる背景になり、諸研究のゴールは、太平洋サケ資源の回復となった。また、サケの遡上が減ると上流域がより貧栄養となり、サケ資源が減る負のスパイラルが生じることも問題になった (Gresh *et al.*, 2000)。アメリカやカナダのサケを漁獲する諸州では、資源の回復には、サケの産卵河川とその周辺の生態系の保全が必須であるとして様々な自然再生事業が繰り広げられるようになった。一方、湖沼では、主にベニザケの産卵域の貧栄養化対策として化成肥料の投入が1990年代以前から行われており、ホッチャレも湖の養分によどの程度影響するかの研究が1980年代から実施されていた (Stockner and Ashley, 2003)。これらの湖沼の諸研究と併せて、太平洋サケ由来の養分 (salmon nutrients) に関する国際会議が2001年にオレゴン州で開催されることとなった (Stockner *et al.*, 2003)。

4 安定同位体比分析とサケからクマを介した森への物質輸送

ホッチャレの研究の発展には, Kline *et al.* (1990) からはじまる安定同位体比分析の導入が欠かせない. 食物連鎖では窒素安定同位体比が一定程度に濃縮される (Minagawa and Wada, 1984) ことを用い, 安定同位体比で生物による物質輸送が解明されてきた (亀田, 2008). さらに, 生物の窒素安定同位体比は海洋では陸域生態系と比べると相対的に高いため (和田, 2009), サケによる物質輸送の場合には河川や河畔の動植物が海洋由来の養分を体内に摂取し同位体比が増加することが, ホッチャレを陸域の生物が利用した証拠になったのである. この同位体比分析を用いて, 河川内の生物から陸域の生物へと, ホッチャレの寄与効果が次々と明らかにされた. 上流域に生息するハイイログマ (*Ursus arctos horribilis*) による太平洋サケの利用を安定同位体で明らかにした研究 (Hilderbrand *et al.*, 1999) は当時, 特に注目された成果だった.

さて, これまでのホッチャレ研究は, ホッチャレの寄与効果が生じるのが河川内なのか, あるいは陸域なのかで大別される. 河川内では, 自生性の基礎生産を担う付着藻類, 水生昆虫などの大型無脊椎動物と魚類への寄与が取り上げられ, 全体として河川生産量への影響をどのように評価するかが焦点となった. 一方, 陸域への影響では, 哺乳動物や鳥類がホッチャレを捕食して陸域へ引き上げ, さらに樹木や陸生昆虫にホッチャレ由来の窒素等が取り込まれることが研究の対象となった. 河川と河畔に分けて, ホッチャレのこれまでの研究とその周辺を次に述べる.

5 河川の貧栄養対策と陸域の動植物への影響の経路の解明

アメリカやカナダでは, 太平洋サケ資源の回復を目標にした河川の再生事業が様々な実施されており, そのうち, 水域の貧栄養対策にホッチャレの河川への投入があり, そのガイドラインが改良され現在に至る (Washington Department of Fish and Wildlife, 2012; Fisheries and Oceans Canada, 2012). これらの事

業が実施される中で、ホッチャレによる河川の生産量の増加に関する生態学研究が、事業内容に対する検証を兼ねて行われてきた。近年の研究では、食物網のボトムアップ効果の経路を証明するために、水中の窒素やリン等の栄養塩を測定し基礎生産と比較する事例が多い (Collins *et al.*, 2011 など)。

なお、アメリカ・カナダでの河川再生事業でのホッチャレに関連した方法には、無機肥料 (化成肥料) の散布、下流で捕獲したサケの遺骸、または、サケの遺骸を処理した加工品 (salmon carcass analog: SCA) を上流域に散布する方法がある。それらに対して、ホッチャレの人為添加はサケ科幼魚のバイオマスが増加しない (Harvey and Wilzbach, 2010)、河川生産量の増加には通常では無機肥料はホッチャレよりも効果が少ない (Wipfli *et al.*, 2010)、または、ホッチャレの人為的設置は自然産卵と同様にはギンザケ幼魚の窒素安定同位体比が増加しない (Shaff and Compton, 2009) などの評価がなされた。SCA は、当初、河川の新産力増加に有効とされた (Wipfli *et al.*, 2004)。その後、病原体の潜在的な保持 (Compton *et al.*, 2006) が問題提起され、加工処理が工夫され使用されるようになった (Pearsons *et al.*, 2007)。ホッチャレの人為設置や SCA の使用に比較して、自然産卵の場合には産出卵の存在と産卵床の掘り起こしによる河川生態系での攪乱が河川生産量を増加させる。また、現在のホッチャレ投入プログラムでは、サケの遺骸の設置や SCA は上流域の貧栄養の状況が極めて悪い場合に効果があるとされている (Kohler *et al.*, 2008; Kohler *et al.*, 2012)。これまでの報告の数値データを時系列と地域間で比較検討した結果、サケのバイオマス、流量、河床の粒度組成、ホッチャレの人為設置か自然産卵かの要因設定によって、水質中のアンモニアやリン、安定同位体比、魚類、付着藻類、無脊椎動物のバイオマスが異なることもわかった (Jantsuki *et al.*, 2009)。

また、河川の食物網におけるホッチャレ効果が、高次捕食者の魚類によるホッチャレの卵やその破片を直接、利用するトップダウン効果か、ホッチャレから溶出した溶存態の栄養塩等を通じて付着藻類が繁茂しそれを摂食する無脊椎動物が増え魚類バイオマスに影響するボトムアップ効果のいずれが

定量的に重要か、またその範囲はどのくらいなのかが明らかにされてきた (Kiernan *et al.*, 2010).

陸域への動植物の影響に転じると、最近の成果では、クマがホッチャレを水中から河岸へと運搬し、その食べ残しや排泄物が土壤中に溶け込み (Drake *et al.*, 2005)、土壌の窒素や炭素量を変化させ (Holtgrieve *et al.*, 2009)、直接、陸生昆虫類 (Hocking *et al.*, 2009) が利用されることがわかった。このように、サケ由来栄養は、河畔生態系内に拡散する研究へと引き継がれた (Helfield and Naiman, 2006)。この間の森林へのホッチャレの影響に関する研究では、Helfield and Naiman (2001) に反して樹木の生長と土壌等の評価が必要であると Kirchhoff (2003) がコメントし、Helfield and Naiman (2003) がさらに応えた報告もある。この頃から、陸域の樹木への影響の調査には、土壌の化学分析が取り入れられるようになった。先に述べた河川の水質と同様に、陸域の植物への取り込みを検証する場合は、土壌中の窒素や炭素、リンなどの植物の肥料成分や元素が測定されており、ホッチャレと河畔域の動植物との関係解明には、必須の項目になりつつある。

6 北海道のホッチャレ研究とサケの回帰

国内での森川海をつなぐ概念としては、河川の流域の森からの養分が漁業資源を涵養する魚附林うおつきりんがあり、江戸期からのその概念には、それと逆方向となる海の魚が森を豊かにする経済活動としての魚肥の利用も含まれるとされる (若菜, 2001, 2004)。森による海への寄与効果を図るために魚附林では、過去から漁業者自らが率先して植樹して樹木の育成をしたり、森林法 (1951年) で「魚つき保安林」と指定し保護したりする活動が、国内各地で行われてきた。一方、サケ親魚の遡上が河川とその周辺の陸域生態系に関与することに注目し国内で初めて紹介したのは、柴谷 (1992) である。次に、室田 (1995) が、それまでの諸研究のデータを総括して生物が駆動させる物質循環を論考した。また、帰山 (1998, 2005) が、生態系や生物多様性の保全には、サケ科魚類に

よる物質循環が重要と総説を報告した。また、伊藤他 (2006) は 1990 年代から 2006 年までのアメリカ・カナダと国内でのホッチャレに関する研究をとりまとめた。その後も、ホッチャレ研究は、その影響を受ける対象として、河畔植生 (長坂・長坂, 2004), 河川内生物や河畔の樹木 (柳井他, 2006), 北海道東部での哺乳動物 (鎌内他, 2012), 河川と河畔域の魚類やヒグマ (*Ursus arctos yesoensis*) 等の動植物 (Koshino *et al.*, 2013), およびキノコ類 (長坂・長坂, 2012) が報告された。また、ホッチャレの現存量の経年変動 (Ito and Nakajima, 2009) や、北海道内の複数河川での調査やホッチャレと樹木の生育やヒグマ等への影響などの研究 (道総研他, 2012) も報告された。

ここで北海道でホッチャレの研究が取り上げられた背景を考察する。1990 年代以降に、アメリカ・カナダ北西部沿岸で生じた太平洋サケ資源の減少は北海道ではみられない。人工孵化事業の技術改良等により、北海道の沿岸漁獲量は高い水準を維持したのである (小林, 2009)。このように、アメリカやカナダと漁業資源の事情が異なることもあり、北海道での近年のホッチャレの諸研究は、生態学研究か、あるいは生物多様性の保全を目指した。過去に遡ると北海道のサケの漁獲尾数は、明治初期の 1870 年代から 1890 年代までは、1 年間で 200 万尾から 1,000 万尾だった (小林, 2009)。この時期は、まだ人工孵化事業は本格的に行われず、自然産卵由来の漁獲量とされる。現在 (1995 年から 2005 年) は、人工孵化による稚魚で約 10 億尾を放流し、約 4,000 万から 5,000 万尾の親魚が回帰して漁獲される。孵化放流事業の成果により、明治初期と比べると現在の漁獲量は北海道では数倍から数十倍も多い状況にある。漁業資源が孵化場魚を主体として維持されるのが現在の北海道で、野生サケの系統群とそのホッチャレのもたらす養分をどのように扱うかを、今後さらに熟考する必要がある。

7 まとめにかえて

ホッチャレという海洋がもたらす陸域への異地性の養分を、Murota (2003)

が示した自然資本の価値として提示するには、さらに、その多寡と影響の範囲といった定量的な把握が必須となる。しかし、定量評価には、流域固有の物理化学的環境要因と生物間の相互作用を考慮する必要がある。遡上親魚の数量の経年変動も考慮しなければならない。ホッチャレ研究でよく用いられる安定同位体比分析は、ホッチャレが介入する食物網を物質の置換というシンプルな手法で解き明かし、生態系間のリンケージを紐解く、雄弁なツールである。これからも、野外調査に安定同位体比分析や他の化学分析を結合させて研究を進展させるのが、様々な環境条件下でのホッチャレに関する情報をより明らかにするために、遠回りでも確実な手法と考えられる。太平洋サケが遡上するロシア沿岸や北海道といった北太平洋の西部で、ホッチャレの研究が継続され、豊かな漁業資源と自然環境との共生の認識が広がることを期待したい。

【参考文献】

- Cederholm, J. C. and N. P. Peterson (1985) "The retention of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) carcasses by organic debris in small streams," *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 42, pp. 1222-1225.
- Cederholm, J. C., D. B. Houston, D. L. Cole and W. J. Scarlet (1989) "Fate of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) carcasses in spawning streams," *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 46, pp. 1347-11335.
- Collins, S. F., A. H. Moerke, D. T. Chaloner, D. J. Janetski and G. A. Lamberti (2011) "Response of dissolved nutrients and periphyton to spawning Pacific salmon in three northern Michigan streams," *Journal of the North Benthological Society*, Vol. 30, Issue 3, pp. 831-839.
- Compton, J. E., C. P. Andersen, D. L. Phillips, J. R. Brooks, M. J. Johnson, M. R. Church, W. E. Hogsett, M. A. Cairns, P. T. Rygiewicz and B. C. McComb (2006) "Ecological and water quality consequences of nutrient addition for salmon restoration in the Pacific

- Northwest,” *Frontiers in Ecology and the Environment*, Vol. 4, Issue 1, pp. 18–26.
- Cone, J. and S. Ridlington edited (1996) *The northwest salmon crisis A documentary history*, Oregon State University Press, 374pp.
- Drake, D. C., J. V. Smith and R. J. Naiman (2005) “Salmon Decay and Nutrient Contributions to Riparian Forest Soils,” *Northwest Science*, Vol. 79, No. 1, pp. 61–71.
- Fisheries and Oceans Canada (2012) “Guidelines for in - Stream Placement of Salmon Carcasses for Nutrient Enrichment,” 23pp, Fisheries and Oceans Canada (DFO). (<http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/publications/pdfs/carcass-carcasse-guide-eng.pdf>), 2013. 9. 2取得.
- Gresh, T., J. Lichatowich and P. Schoonmaker (2000) “An estimation of historic and current levels of salmon production in the northeast pacific ecosystem: evidence of a nutrient deficit in the freshwater systems of the pacific northwest,” *Fisheries*, Vol. 25, No. 1, pp. 15–21.
- Groot, C. and L. Margolis (1991) *Pacific salmon life histories*, UBC Press, 564pp.
- Helfield, J. M. and R.J. Naiman (2001) “Effects of salmon-derived nitrogen on riparian forest growth and implications for stream productivity,” *Ecology*, Vol. 82, Issue 9, pp. 2403–2409.
- Helfield, J. M. and R.J. Naiman (2003) “Effects of salmon-derived nitrogen on riparian forest growth and implications for stream productivity: reply,” *Ecology*, Vol. 84, Issue 12, pp. 3399–3401.
- Helfield, J. M. and R. J. Naiman (2006) “Keystone Interactions: Salmon and Bear in Riparian Forests of Alaska,” *Ecosystems*, Vol. 9, pp. 167–180.
- Hilderbrand, G. V., T. A. Hanley, C. T. Robbins and C. C. Schwartz (1999) “Role of brown bears (*Ursus arctos*) in the flow of marine nitrogen into a terrestrial ecosystem,” *Oecologia*, Vol. 121, pp. 546–550.
- Hocking, M. D., R. A. Ring and T. E. Reimchen (2009) “The ecology of terrestrial invertebrates on Pacific salmon carcasses,” *Ecological Research*, Vol. 24, Issue 5, pp. 1091–1100.
- Holtgrieve, G. W., D. E. Schindler and P. K. Jewett (2009) “Large predators and biogeochemical hotspots: brown bear (*Ursus arctos*) predation on salmon alters nitrogen

- cycling in riparian soils," *Ecological Research*, Vol. 24, Issue 5, pp. 1125–1135.
- Ito, T. and M. Nakajima (2009) "Abundance of salmon carcasses at the upper reach of an adult salmon trap: ten years of observation at tributary of the Chitose River, Hokkaido, northern Japan," *Scientific Reports of the Hokkaido Fish Hatchery*, Vol. 63, pp. 1–7.
- Janetski, D. J., D. T. Chaloner, S.D. Tiegs and G. A. Lamberti (2009) "Pacific salmon effects on stream ecosystems: a quantitative synthesis," *Oecologia*, Vol. 159, pp. 583–595.
- Kiernan, J. D., B. N. Harvey and M. L. Johnson (2010) "Direct versus indirect pathways of salmon-derived nutrient incorporation in experimental lotic food webs," *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 67, pp. 1909–1924.
- Kirchhoff, M.D. (2003) "Effects of salmon-derived nitrogen on riparian forest growth and implications for stream productivity: comment," *Ecology*, Vol. 84, Issue 12, pp. 3396–3399.
- Kline, T. C. Jr., J. J. Goering, O. A. Mathisen and P. H. Poe (1990) "Recycling of elements transported upstream by runs of pacific salmon: 1. $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ evidence in Sashin creek, Southeastern Alaska," *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 47, pp. 136–144.
- Kohler, A.E., A. Rugenski and D. Taki (2008) "Stream food web response to a salmon carcass analogue addition in two central Idaho, U.S.A. streams," *Freshwater Biology*, Vol. 53, pp. 446–460.
- Kohler, A. E., T. N. Pearsons, J. S. Zendt, M. G. Mesa, C. L. Johnson and P. J. Connolly (2012) "Nutrient enrichment with salmon carcass analogs in the Columbia River Basin, USA: a stream food web analysis," *Transactions of the American Fisheries Society*, Vol. 141, No. 3, pp. 802–824.
- Koshino, Y., H. Kudo and M. Kaeriyama (2013) "Stable isotope evidence indicates the incorporation into Japanese catchments of marine-derived nutrients transported by spawning Pacific Salmon," *Freshwater Biology*, Vol. 58, No. 9, pp. 1864–1877.
- Minagawa, M. and E. Wada (1984) "Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age," *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 48, Issue 5, pp. 1135–1140.

- Murota, T. (2003) "Nutrient shadow cast by Anadromous fishes: perspectives in comparison with marine fishery and guano occurrence," in J. G. Stockner ed. *Nutrients in Salmonid Ecosystems: Sustaining Production and Biodiversity*, American Fisheries Society Symposium 34, American Fisheries Society, pp. 17-31.
- Pearsons, T. N., D. D. Roley and C.L. Johnson (2007) "Development of a carcass analog for nutrient," *Fisheries*, Vol. 32, No. 3, pp. 114-124.
- Quinn, T. P. (2005) *The behavior and ecology of pacific salmon and trout*, University of Washington Press, 379pp.
- Shaff, C. D. and J. E. Compton (2009) "Differential incorporation of natural spawners vs. artificially planted salmon carcasses in a stream food web: evidence from $\delta^{15}\text{N}$ of juvenile coho salmon," *Fisheries*, Vol. 34, No. 2, pp. 62-70.
- Stockner, J. G. edited (2003) *Nutrients in Salmonid Ecosystems: Sustaining Production and Biodiversity*, American Fisheries Society Symposium 34, American Fisheries Society, 285pp.
- Stockner, J. G. and K. I. Ashley (2003) "Salmon nutrients: closing the circle" in J. G. Stockner, ed. *Nutrients in Salmonid Ecosystems: Sustaining Production and Biodiversity*, American Fisheries Society Symposium 34, American Fisheries Society, pp. 3-15.
- Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell and C. E. Cushing (1980) "The river continuum concept," *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 37, pp. 130-137.
- Wipfli, M. S., J. P. Hudson and J. P. Caouette, (2004) "Restoring productivity of salmon-based food webs: contrasting effects of salmon carcass and salmon carcass analog Additions on stream-resident Salmonids," *Transactions of the American Fisheries Society*, Vol. 133, pp. 1440-1454.
- Wipfli, M. S., J. P. Hudson, J. P. Caouette, N. L. Mitchel, J. L. Lessard, R. A. Heints and D. T. Chaloner (2010) "Salmon carcasses increase stream productivity more than inorganic fertilizer pellets: a test on multiple trophic levels in streamside experimental channels," *Transactions of the American Fisheries Society*, Vol. 139, No. 3, pp. 824-839.
- Washington Department of Fish and Wildlife (2012) "Protocols and guidelines for distributing

- salmonid carcasses, salmon analogs, and delayed fertilizers to enhance stream productivity in Washington State,” in *Technique 8 Nutrient Supplementation, Stream Habitat Restoration Guidelines 2012*, Washington Department of Fish and Wildlife, Olympia, Washington, U. S. A. (<http://wdfw.wa.gov/publications/01374/>), 2013. 9. 2 取得.
- 北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場・林業試験場・環境科学研究センター・地質研究所・北海道立衛生研究所・国立大学法人東北大学・国立大学法人北海道大学 (2012) 『平成 21～23 年度重点研究報告・北海道産サケ野生集団の評価と流域生態系の動植物に及ぼす影響の解明』 161 ページ.
- 伊藤富子・中島美由紀・長坂晶子・長坂 有 (2006) 「サケマスのホツチャレが川とその周囲の生態系で果たしている役割 — 2005 年頃までの文献レビュー —」 猿渡敏郎編 『魚類環境生態学入門』 東海大学出版会, 所収, 244-260 ページ.
- 埴山雅秀 (1997) 「サケは海からの贈り物 サケ属魚類による物質循環と生物多様性」 『森と川』 7/8 号, 52-55 ページ.
- 埴山雅秀 (2005) 「水辺生態系の物質輸送に果たす遡河回遊魚の役割」 『日本生態学会誌』 55 巻, 51-59 ページ.
- 鎌内宏光・佐藤修一・林大輔・岡部芳彦・勝山智恵 (2012) 「北海道東部における初冬のホツチャレ消費者」 『森林研究』 78 号, 81-87 ページ.
- 亀田佳代子 (2008) 「生態系間を移動する動物による物質輸送」 永田俊・宮島利宏編 『流域環境評価と安定同位体 水循環から生態系まで』 京都大学出版会, 所収, 331-347 ページ.
- 小林哲夫 (2009) 『日本サケ・マス増殖史』 北海道大学図書刊行会, 310 ページ.
- 宮腰靖之・卜部浩一・安藤大成・實吉隼人・青山智哉・坂本博幸・春日井潔・永田光博 (2011) 「北海道におけるサケ自然産卵個体群の分布(資料)」 『北水試研報』 80 号, 51-64 ページ.
- 室田 武 (1995) 「遡河性回遊魚による海の栄養分の陸上生態系への輸送 文献展望と環境政策上の含意」 『生物科学』 47 巻, 124-140 ページ.
- 長坂晶子・長坂 有 (2004) 「遡河性魚類由来の栄養が河川水質および河畔植生に及ぼす影響の評価」 『環境科学総合研究所年報』 第 23 巻, 109-117 ページ.
- 長坂 有・長坂晶子 (2013) 「サケ由来の栄養が河畔林内の菌類(キノコ)に及ぼす影響」 『北方森林研究』 61 号, 109-112 ページ.

- 中野 繁 (2002) 『川と森の生態学 中野繁論文集』北海道大学図書出版会, 358 ページ.
- 柴谷篤弘 (1992) 「地球環境へのもうひとつの視角 サケはなぜ川を遡上するのか」『中央公論』, 第 107 卷, 4 号, 286-295 ページ.
- 白岩孝行 (2011) 『魚附林の地球環境学 親潮・オホーツク海を育むアムール川』(地球研叢書), 昭和堂, 226 ページ.
- 水産総合研究センター北海道区水産研究所 (online) 「さけます情報」. (<http://hnf.affrc.go.jp/template/sakemasu.html>), 2013. 9. 2 取得.
- 若菜 博 (2001) 「日本における現代魚附林思想の展開」『水資源・環境研究』第 14 卷, 1-9 ページ.
- 若菜 博 (2004) 「近世日本における魚附林と物質循環」『水資源・環境研究』第 17 卷, 53-62 ページ
- 和田英太郎 (2009) 「安定同位体比フィンガープリント法」『日本生態学会誌』第 59 卷, 3 号, 259-268 ページ.
- 柳井清治・河内香織・伊藤絹子 (2006) 「北海道東部河川におけるシロザケの死骸が森林生態系に及ぼす影響」『応用生態工学会誌』第 9 卷, 167-178 ページ.

(なかじま みゆき・地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 さけます・
内水面水産試験場 主査 (水域環境))

The Doshisha University Economic Review Vol. 65 No. 3

Abstract

Miyuki NAKAJIMA, *The Direction of Studies on Salmon Carcasses in Streams and Riparian Forest Areas*

Pacific salmon live in the ocean, return to their natal streams, spawn, and then become carcasses called *Hottare*. Salmon carcasses are also referred to as “salmon-derived nutrients,” because they transport themselves as material, from the ocean to the stream and into riparian ecosystems. Many studies on Pacific salmon carcasses have been performed since the 1990s. In this paper, I introduce and consider the ecological studies that I undertook several years ago, on salmon carcasses in the north Pacific rim of the United States, Canada and Japan.