ニジマスの採餌応答に見られるルアー色と濁度の交互作用

誌名	魚類學雜誌
ISSN	00215090
著者名	西大,嵩樹 丸山,敦
発行元	日本魚學振興會
巻/号	64巻2号
巻号補足	
掲載ページ	p. 113-119
発行年月	2017年11月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

原著論文　Original Paper

魚類学雑誌 64(2):113–119
2017年11月25日発行

ニジマスの採餌応答に見られるルアー色と濁度の交互作用

西大嵩樹・丸山　敦

〒520–2194　滋賀県大津市瀬田大江町横谷 1–5　龍谷大学理工学部環境ソリューション工学科

(2017年2月11日受付；2017年6月2日改訂；2017年6月5日受理)

キーワード：疑餌，ルアーカラー，スポーツフィッシング，視覚，色覚

魚類学雑誌
Japanese Journal of Ichthyology
© The Ichthyological Society of Japan 2017

Kouki Nishidai and Atsushi Maruyama*. 2017. Interacting effects of lure color and turbidity on foraging response by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Japan. J. Ichthyol., 64(2): 113–119.

Abstract　Increased turbidity is known to affect feeding of predatory fishes through its effect on prey color, but interactions between turbidity and prey color are not well documented. To determine the effects of turbidity, water temperature, and illuminance on lure color selected by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), investigations were conducted in a fishing pond in Shiga Prefecture (Central Japan) for 11 days during July–October, 2016. Five fishing series with different lures were conducted on each day, eight differently colored lures being used in random order in each series (10-min trials × 8 colors). Generalized linear models, used to explain catch number variations per 10 min (0–6 individuals; Poisson distribution assumed), indicated that turbidity (1.0–13.6 NTU) significantly influenced lure color selection by rainbow trout. Results indicated that brown lures (followed by dark green, black, and gold lures) were most preferred in low turbidity, but least preferred when turbidity was high. In contrast, lures with a greater reflection intensity [pink, orange, and karashi (mustard yellow)] were moderately preferred, regardless of turbidity. Illuminance (1.2×10^2–2.9×10^5 lux) and water temperature (15.2–25.5°C) did not affect lure color selected by rainbow trout, but both parameters negatively impacted the number of individuals captured per 10 min. The findings highlighted the importance of environmental conditions (particularly turbidity) on prey preference by predatory fishes.

**Corresponding author: Faculty of Science and Technology, Ryukoku University, Seta-Oe, Otsu City, Shiga 520–2194, Japan (E-mail:maruyama@rins.ryukoku.ac.jp)*

水域の濁度上昇は，生理的機能の低下などの直接的な影響，餌生物減少などの間接的な影響によって，多くの水生生物に影響を及ぼすことが知られる（Henley et al., 2000）．視覚に頼って摂餌する魚類においては，濁度上昇によって採餌応答が不活発になることが報告されてきた．例えば，タスマニア島の湖に生息するブラウントラウト *Salmo trutta* の6年間の食性調査では，濁度の上昇に伴って摂餌量や胃内容物の多様性が著しく減少した（Stuart-Smith et al., 2004）．カワマス *Salvelinus fontinalis* とニジマス *Oncorhynchus mykiss* でも，成魚を用いた人工水路での実験で，濁度によって活性が変化すること，濁度を上げると餌に反応する距離が短くなったこと，反応率が低下したことが報告されている（Gradall and Swenson, 1982；Barrett et al., 1992；Sweka and Hartman, 2001）．餌の発見が濁りの影響を受けにくい稚魚やプランクトン食魚を除けば，魚類一般に濁度の上昇は餌の発見効率に負の影響を与えると考えられている（Utne-Palm, 2002；Rowe et al., 2003）．

水域の濁度上昇は，餌の発見効率を低下させるのみならず，色相の認知しやすさにも影響する（Seehausen et al., 1997）．これは，低濁度の水中では短波長の光ほど減衰せずに深くまで届くが，高

濁度の水中では短波長の光は懸濁粒子に拡散されて深くまで届きにくいためである（Horne and Goldman, 1994）．採餌応答における色相の重要性は，サケマス流し網および枡網漁の袋網の色（小池，1968），曳縄釣漁業の潜航板の色（坂詰・金盛，1971），集魚装置の色（Kamakura et al., 1996）など，漁具の色が漁獲量に影響する漁法が多数あることから類推される．より直接的には，着色死卵をニジマスに捕食させたところ背景色とのコントラストが大きい色を選好すること（Ginetz and Larkin, 1973），スズキ *Lateolabrax japonicus* が背景色とのコントラストが大きい色のルアーを選好することも（岡本ほか，2001），先行研究によって実験的に示されている．従って，自然水界において背景色が大きく変化することは珍しいかもしれないが，濁度や照度が変化することによって対象魚に餌として発見されやすい色が変化する可能性は十分に考えられる．

そこで本研究では，濁度もしくは照度の違いによって捕食性魚類の色に対する採餌応答がどのように変化するかを明らかにするため，ニジマスを材料にルアー（擬餌針）釣りによる検証を行った．遊漁においては，日によって釣果のよいルアー色が異なると言われることがあるが，データに基づく統計的な検証例は限られる（岡本ほか，2001）．環境条件の変化による捕食性魚類の摂餌行動の変化を客観的に把握することは，釣りや養魚の効率を高めることに繋がると期待される．

材料と方法

対象魚と調査地　研究対象のニジマスは，北アメリカ西岸およびカムチャッカ半島原産の外来サケ科魚類であり，国内外で遊漁対象として人気が高い一方，在来のサケ科魚類との餌資源や生息・繁殖場所をめぐる競争，交雑種の出現などが問題視される（Taniguchi et al., 2000；谷口，2002；Nomoto et al., 2010；下田，2012）．成魚では，餌に反応する距離が濁度上昇によって短くなることから（Barrett et al., 1992），視覚に頼る摂餌行動が濁度に左右されることが推定される．同時に，着色死卵を捕食させたところ背景色とのコントラストが大きい色への選好性を示したことや（Ginetz and Larkin, 1973），色覚（色彩弁別能力）をもつことが網膜水平細胞の光に対する電位変化より裏付けられていることから（Hawryshyn and Harosi, 1994），ルアー色の選好性を調査するのに適した魚種でもある．

本研究は，滋賀県西部の朽木渓流魚センターアーフィールドの管理釣場「第1ポンド」(35.2796°N, 135.8458°E) で行った．朽木渓流魚センター（私信）によると，同池の水深は最大でも 2.0 m 程と浅く，ルアーの潜行深度は自ずから 0.5–1.0 m 付近に限定せざるを得ない．このことは，深度によって見え方が変わるルアーの潜行深度が釣果に及ぼしうる影響を最小化できると考えられた．同池の表面積は約 4000 m^2 であり，常時約 10 t（5万個体相当）のニジマスが放流されている．放流前は茶色の配合飼料ペレットを与えて養殖されているが，放流後は給餌は行われていない．放流されているニジマスの全長は 20–80 cm であり，80％の個体は 20–40 cm の範囲に収まる．以上の私信に加え，降雨による濁度変化も確認されたため，研究目的にかなうと判断した．

釣り方とルアー色　調査は，2016年7月から10月までの11日，各調査日の7時から18時の間で実働9時間行われた．追加放流の影響を避けるため，調査日は釣客の多い休日を避けて設定した．当該の釣場では，放流後は給餌しておらず，給餌が特定の時間帯の釣果に影響することはない．釣りは，調査期間開始時に既にニジマスのルアー釣りに熟練していた著者1人（西大）のみが，岸に設定した5ヶ所を無作為に回りながら行った．常に同一の漁具を使用し，リトリーブスピードは 60 cm/sec（毎秒リール1回転相当），ルアーの潜行深度は 0.5 m 付近に統一した．ルアーにはスリムスイマー1.5 g（シマノ）を用い，後述する8色を用いた．各色のルアーを10分ずつ投げ続けて，10分間に釣れたニジマス個体数（釣果）を記録した．10分間×8色（80分）を1サイクルとして，調査日ごとに9時間で5サイクル（400分）を回した．8色のルアーの使用順は，サイクル毎に無作為に変更した．釣り上げた魚は即座に放流したが，飼育個体数（約5万個体）と釣獲総個体数（473個体）との比較から，同個体が再び釣れた確率は極めて低いと考えられる．

本調査に用いたルアー色は，一般に4タイプで構成されている Area basic color（ABC）12色から，4タイプ×2色の8色選んだ．すなわち，光沢系のシルバー（01S）とゴールド（02S），アピール系のピンク（03S），オレンジ（05S），ダーク系のブラウン（10S），ダークグリーン（11S），万能系のカラシ（09S），ブラック（12S）である．これら8色のルアーについて，小型ファイバー光学分光器（USB 2000+，Ocean Optics）を用いて波長

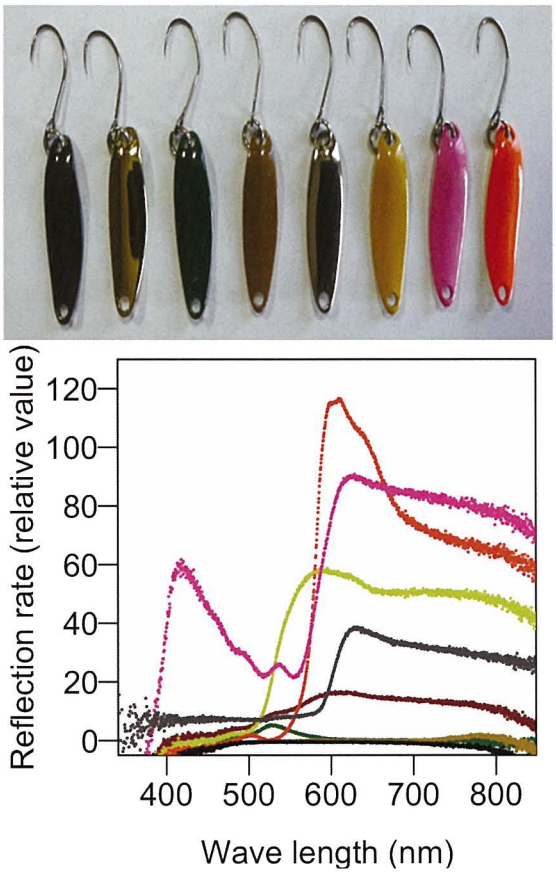

Fig. 1. Fishing lures used in the study (left to right): black, gold, dark-green, brown, silver, karashi (mustard yellow), pink, and orange (upper) and their reflection spectra (lower).

400–800 nm の反射スペクトルを得た（Fig. 1）．この際，同一のハロゲン光源（HL-2000，Ocean Optics）を用いて同距離から光を照射し，光ファイバーをルアー中心に密着させて計測した．この分光器は，無点灯時を 0，点灯時の付属白色スポンジの反射を 100 として反射率を計測する．反射スペクトルにおける反射率の最大値を各ルアーの最大反射率と定義した．最大反射率は，「アピール系」のオレンジ，ピンクにおいて大きく，「ダーク系」のブラウン，ダークグリーンでは小さかった．「万能系」，「光沢系」ルアーの最大反射率には共通した傾向は見られなかった．最大反射率が大きな色の反射が最大になるのは，総じて波長 600 nm 以上の長波長側においてであった．

釣りと並行して，HOBO ペンダントロガー（UA-002-08，Onset）を用いて表層の水温と照度を 10 分おきに記録し，濁度計（TN-100IR，Eutech Instruments）を用いて 1 日に 1 回 12 時頃に濁度を測定した．調査中に濁度変化が疑われた際には随時濁度計測を行うこととしたが，1 日の中で大きな濁度変化は生じなかった．調査期間中，照度は 1.2×10^2–2.9×10^5（$6.6 \times 10^4 \pm 6.6 \times 10^4$，平均±標準偏差）lx，水温は 15.2–25.5（19.7 ± 2.8）°C，濁度は 1.0–13.6（5.0 ± 3.9）NTU（Nephelometric Turbidity Unit）であった．

データ解析　10 分間に釣れたニジマスの個体数を釣果と定義し，ポアソン分布に従うとの前提を置いた（分散パラメーター：1.09）．釣果を被説明変数，ルアー色を説明変数に含む 4 つの一般化線形モデル（GLM）を比較することで要因を模索した．4 つの GLM とは，ルアー色（8 段階）のみで説明するモデル 1，ルアー色と照度と交互作用で説明するモデル 2，ルアー色と水温と交互作用で説明するモデル 3，ルアー色と濁度と交互作用で説明するモデル 4 である（Table 1）．濁度と照度に加えて水温を説明変数としたのは，対象魚ニジマスにおいて水温と色覚の関係を示唆する先行研究があるためである（Tsin and Beatty, 1977）．調査日および時刻の影響は，上述の通りルアー色間で均等になるように調整したため，説明変数に加えなかった．すべての GLM のリンク関数は対数とした．モデルの比較は赤池情報量規準（AIC）によって行った．AIC 最小となったモデル 4 で得られたルアー各色の濁度の係数（濁度変化の釣果への影響の指標）がルアー各色の最大反射率と関係するか否か，スピアマンの順位相関係数によって検証した．なお，本研究の対象魚は茶色の配合飼料ペレットで養殖されていたため，ブラウン色のルアーには反射率とは独立の誘引効果が働きうる．そこで，スピアマンの順位相関係数による検証は，全 8 色での解析のほか，養殖期に与えた配合飼料の色である茶色を除外した 7 色のみでの解析も行った．すべての統計検定は，R 3.2.2（http://www.R-project.org）を用いて行った．

結　　果

釣果を決定する要因　釣果（10 分間で釣れたニジマスの個体数）は 0–6 個体であり（Fig. 2），最多の場合でも釣れた個体数はキャスト回数の半分以下であった．すなわち，最大釣果はルアー釣りの操作による限界数に達しなかった．440 回（8 色 ×5 サイクル ×11 日）の試行で，計 473 個体を釣り上げた．

釣果を説明する 4 つの GLM の AIC を比較した

Table 1. Coefficients in the four generalized linear models (Models 1–4) to explain individual numbers of rainbow trout captured per 10 min

Independent variable	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Intercept[1]	0.15 ± 0.13	**0.43 ± 0.17**	**0.35 ± 0.94**	**0.75 ± 0.19**
Lure color				
GOLD	0.13 ± 0.17	0.15 ± 0.23	0.98 ± 1.28	−0.07 ± 0.26
DARK-GREEN	−0.10 ± 0.18	−0.03 ± 0.25	−0.42 ± 1.37	0.17 ± 0.28
BROWN	−0.03 ± 0.18	−0.18 ± 0.25	−1.05 ± 1.32	**0.63 ± 0.28**
SILVER	−0.15 ± 0.19	−0.07 ± 0.25	−0.38 ± 1.39	−0.25 ± 0.28
KARASHI	0.06 ± 0.18	0.14 ± 0.24	−0.97 ± 1.30	−0.39 ± 0.27
PINK	−0.34 ± 0.20	−0.40 ± 0.27	−1.60 ± 1.42	**−0.87 ± 0.31**
ORANGE	−0.15 ± 0.19	−0.02 ± 0.25	−1.80 ± 1.35	**−0.76 ± 0.29**
Illuminance (×10^6 lux)	—	**−4.91 ± 2.39**	—	—
Temperature (°C)	—	—	**−0.18 ± 0.05**	—
Turbidity (NTU)	—	—	—	**−0.14 ± 0.04**
Interaction effect of lure color and another factor[2]				
GOLD	—	−0.31 ± 3.39	0.06 ± 0.07	0.06 ± 0.06
DARK-GREEN	—	−1.49 ± 3.59	−0.02 ± 0.07	−0.09 ± 0.07
BROWN	—	2.76 ± 3.21	−0.05 ± 0.07	**−0.26 ± 0.09**
SILVER	—	−1.85 ± 3.68	0.01 ± 0.07	0.03 ± 0.06
KARASHI	—	−1.59 ± 3.45	0.06 ± 0.07	**0.12 ± 0.05**
PINK	—	1.20 ± 3.58	0.07 ± 0.08	**0.13 ± 0.06**
ORANGE	—	−2.93 ± 3.79	0.09 ± 0.07	**0.15 ± 0.06**
AIC	1238	1208	1192	1145

[1]Lure color BLACK. [2]Illuminance (Model 2), temperature (Model 3), and turbidity (Model 4). Positive and negative coefficient values for interaction effects indicate increased and decreased negative effects of another factors, respectively. Bold font indicates statistically significant ($P < 0.05$).

ところ，ルアー色のみを説明変数とする GLM（モデル 1）は最大の AIC を持ち，ルアー色と濁度と交互作用を説明変数に含む GLM（モデル 4）の AIC が最小であることが分かった（Table 1）．

濁度を説明変数に含まない GLM（モデル 1–3）では，ブラックを規準とした場合の各色のダミー変数の係数はどれも有意ではなかった．すなわち，濁度の違いを無視するとルアー色の釣果への影響は検出されなかった．照度の効果を加えた GLM（モデル 2），水温の影響を加えた GLM（モデル 3）は，それぞれ照度と水温の，釣果に対する負の効果が検出された．

最小 AIC を示した GLM（モデル 4）では，濁度 0 における釣果（切片）は，ブラックと比較して，ブラウンで大きく，オレンジ，ピンクで小さいことが示された（Table 1，Fig. 2）．濁度は有意な負の効果を示した．濁度の負の効果は，ブラックに対してブラウンで大きく，カラシ，オレンジ，ピンクでは軽減されることも示された．

反射スペクトル最大反射率の影響　モデル 4 におけるルアー各色の濁度の係数（濁度変化の釣果への影響の指標）とルアー各色の最大反射率との間には，緩い正の関係が見られ（Fig. 3），全 8 色を用いた解析では統計学的な有意性は検出されなかったが（スピアマンの順位相関係数，$r_S = 0.714$，$P = 0.057$），養殖時の餌の色である茶色を除外し

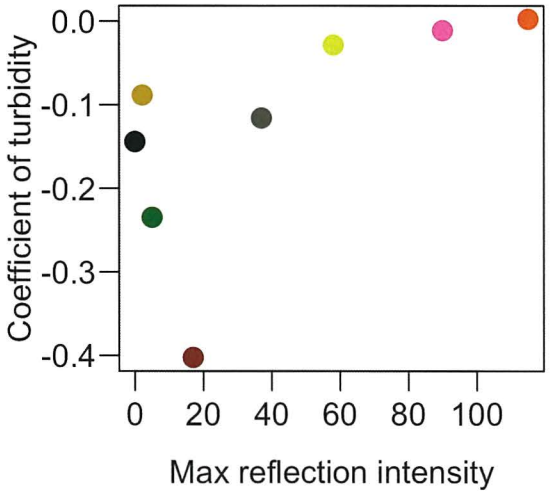

Fig. 3. Relationship between coefficient of turbidity (Model 4) and maximum reflection intensity (relative value) for each color. Plotted colors indicate lure colors (see Fig. 2).

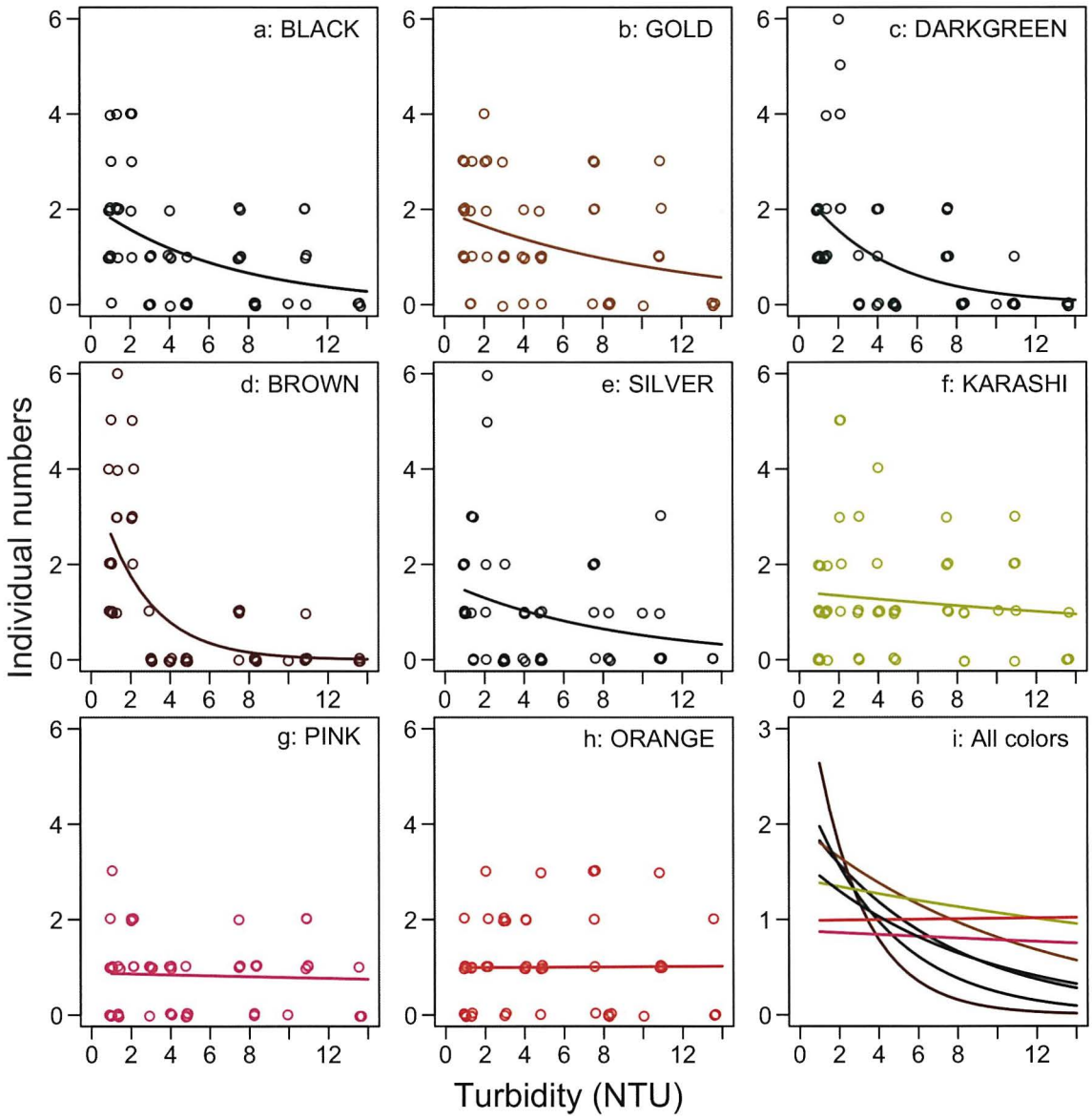

Fig. 2. Numbers of rainbow trout captured per 10 min using different colored lures, as a function of turbidity. Plots jittered to minimize overlapping. Regression curves (a–i) based on Model 2 (Table 1).

た7色のみで解析した場合には有意な関係が見られた（$r_S = 0.821$，$P = 0.034$）.

考　　察

本研究は，濁度，照度，水温などの条件の違いによる，捕食性魚類のルアー色に対する採餌応答の変化を明らかにすることを目的として行われた．本研究の結果は，ニジマスの採餌行動において，濁度が色の選好性または発見効率を変化させることを示すものである．

濁度が上がると釣果が下がるルアー色と，濁度が上がっても釣果が変化しないルアー色があり，濁度条件によって釣果が逆転することがわかった．濁度の上昇とともに釣果が下がる色は，ダーク系や光沢系として販売されている目立たないものであった．おそらく，低濁度下では，自然界に存在する昆虫や小魚，あるいは養殖時に与えられていた配合飼料（本研究の調査地では茶色）等に似た色のルアーをニジマスが餌と誤認しているのかもしれない．あるいは，以前に釣り上げられた経験を持つ個体は，目立つ色のルアーを避けた可能性

も考え得る．一方，濁度が上がっても釣果が下がらない色は，アピール系2色やカラシのような目立つものであった．高濁度下では，低濁度下でよく反応された色のルアーは容易に発見されず，むしろ不自然であってもよく目立つ色のルアーが発見されやすかったと考えられる．

実際，目立つか否かは分光器で求めた最大反射率によって定量化したところ，養殖時の餌の色（ブラウン）を除外した解析では，最大反射率が高いほど濁度の影響が軽減される傾向が認められた．また，短波長の光が透過しにくい高濁度の条件下では（Horne and Goldman, 1994），オレンジ，ピンク，カラシといった長波長側に反射スペクトルのピークを持つ色が釣果を維持しており（Fig. 1），高濁度条件下で認知できる色の必要条件として，最大反射率だけではなく，長波長域の反射率にも注目すべきだろう．水中のニジマスがルアー各色をどのように認知しているのか，水色や水深の影響，ニジマスの色覚特性を考慮した実験を改めて計画する必要がある．

照度，水温の上昇はいずれも釣果に負の効果をもたらしたが，ルアー色ごとに異なる採餌応答の変化をもたらす効果は認められなかった．ちなみに，ニジマスの飼育適温は13–18°Cであり，22–23°Cでは摂餌しなくなるといわれており（大渡，1982），本研究で見られた水温上昇はニジマスの活動量を低下させたと思われる．照度の上昇は，ニジマスがルアーを（色に関わらず）餌ではないと認識しやすくなった可能性などが考えられる．

ニジマスによる採餌応答においてルアー色と濁度の交互作用が示されたことにより，濁度変化によって水域生態系の高次捕食者の採餌対象が変化する可能性が示唆される．実際，ニジマスやブラウントラウトの胃内容物組成が濁度に応じて変異を見せる事例が報告されており（Rowe, 1984；Stuart-Smith et al., 2004），このような食性変異が環境中の餌生物組成の違いを反映するものでないならば，餌生物種間の色の違いによる発見効率の変化が原因であることも考えられよう．ただし，本研究は管理釣場で行われたため，対象魚の生息密度やルアー釣りに対する経験，遺伝的背景などが自然水域とは異なる可能性があり，他水域では異なる傾向が見られる可能性に留意する必要がある（Beukema, 1969；Hindar et al., 1991）．また，この知見をニジマス以外の捕食性魚種に一般化する前に，色覚と捕食行動の種間差を考慮した検証が必要であろう．食物連鎖を通じて水生生物に広く影響を及ぼすことが知られる捕食性魚類について（Shapiro and Wright, 1984；Carpenter et al., 1985），環境変化に対する応答をより詳細に把握することが望まれる．

謝　　辞

朽木渓流魚センターには，調査許可と情報提供を頂いた．北海道教育大学の今村彰生博士には研究アイデアに関わる重要な議論を，龍谷大学のT. Lei博士には反射スペクトル測定のための機器貸与と技術的助言および英文の校正を，川上将樹氏には統計解析に関わる助言をして頂いた．また，編集委員の谷口義則博士および匿名査読者からは研究の位置づけに関する建設的な助言と情報を頂いた．深謝する．

引 用 文 献

Barrett, J. C., G. D. Grossman and J. Rosenfeld. 1992. Turbidity-induced changes in reactive distance of rainbow trout. Trans. Am. Fish. Soc., 121: 437–443.

Beukema, J. J. 1969. Angling experiments with carp (*Cyprinus carpio* L.) I. Differences between wild, domesticated and hybrid strains. Neth. J. Zool., 20: 81–92.

Carpenter, S. R., J. F. Kitchell and J. R. Hodgson. 1985. Cascading trophic interactions and lake productivity. Bioscience, 35: 634–639.

Ginetz, R. M. and P. A. Larkin. 1973. Choice of colors of food items by rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish. Res. Board Can., 30: 229–234.

Gradall, K. S. and W. A. Swenson. 1982. Responses of brook trout and creek chubs to turbidity. Trans. Am. Fish. Soc., 111: 392–395.

Hawryshyn, C. W. and F. I. Harosi. 1994. Spectral characteristics of visual pigments in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Vision Res., 34: 1385–1392.

Henley, W. F., M. A. Patterson, R. j. Neves and A. D. Lemly. 2000. Effects of sedimentation and turbidity on lotic food webs: a concise review for natural resource managers. Rev. Fish. Sci., 8: 125–139.

Hindar, K., N. Ryman and F. Utter. 1991. Genetic effects of cultured fish on natural fish populations. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48: 945–957.

Horne, A. J. and C. R. Goldman. 1994. Limnology, 2nd edn. McGraw-Hill Inc., New York. 576 pp.

Kamakura, G., T. Matsushita, M. Nishitai and T. Matsuoka. 1996. Blue and green fish aggregation devices are more

attractive to fish. Fish. Res., 28: 99–108.

小池　篤．1968．ます網の袋網の色と漁獲との関係—I．色の違いと漁獲との関係．日本水産学会誌，34: 177–184.

Nomoto, M., H. Miyata, T. Sugimoto, K. Akiba, K. Edo and S. Higashi. 2010. Potential negative impacts of introduced rainbow trout on endangered Sakhalin taimen through red disturbance in an agricultural stream, eastern Hokkaido. Ecol. Freshw. Fish, 19: 116–126.

岡本　一・川村軍蔵・田中淑人．2001．異なる背景色におけるスズキのルアー色の選択．日本水産学会誌，67: 449–454.

大渡 斉．1982．ニジマス．野村　稔（編），pp. 268–269，淡水養殖技術，恒星社厚生閣，東京.

Rowe, D. K. 1984. Factors affecting the foods and feeding patterns of lake-dwelling rainbow trout (*Salmo gairdnerii*) in the North Island of New Zealand. N. Z. J. Mar. Freshw. Res., 18: 129–141.

Rowe, D. K., T. L. Dean, E. Williams and J. P. Smith. 2003. Effects of turbidity on the ability of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, to feed on limnetic and benthic prey in laboratory tanks. N. Z. J. Mar. Freshw. Res., 37: 45–52.

坂詰　博・金盛浩吉．1971．曳縄釣漁業の研究—I．潜航板の色の違いと漁獲との関係．日本水産学会誌，37: 371–376.

Seehausen, O., J. J. M. van Alphen and F. Witte. 1997. Cichlid fish diversity threatened by eutrophication that curbs sexual selection. Science, 277: 1808–1811.

Shapiro, J. and D. I. Wright. 1984. Lake restoration by biomanipulation: Round Lake, Minnesota, the first two years. Freshw. Biol., 14: 371–383.

下田和孝．2012．北海道における外来魚問題（外来サケ科魚類）．日本水産学会誌，78: 754–757.

Stuart-Smith, R. D., A. M. M. Richardson and R. W. G. White. 2004. Increasing turbidity significantly alters the diet of brown trout: a multi-year longitudinal study. J. Fish Biol., 65: 376–388.

Sweka, J. A. and K. J. Hartman. 2001. Influence of turbidity on brook trout reactive distance and foraging success. Trans. Am. Fish. Soc., 130: 138–146.

谷口義則．2002．ニジマス．日本生態学会（編），p. 112．外来種ハンドブック，地人書館，東京.

Taniguchi, Y., Y. Miyake, T. Saito, H. Urabe and S. Nakano. 2000. Redd superimposition by introduced rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, on native charrs in a Japanese stream. Inhthyol. Res., 47: 149–156.

Tsin, A. T. and D. D. Beatty. 1977. Visual pigment changes in rainbow trout in response to temperature. Science, 195: 1358–1360.

Utne-Palm, A. C. 2002. Visual feeding of fish in a turbid environment: physical and behavioural aspects. Mar. Fresh. Behav. Physiol., 35: 111–128.