海生研研報，第18号，67－70，2014
Rep. Mar. Ecol. Res. Inst., No. 18, 67-70, 2014

特集　海生動物行動実験装置

自発摂餌装置
－サクラマスおよびシロギスの摂餌行動の解析－

島　隆夫[*1§]・三浦雅大[*1]・恩地啓実[*1]・横田瑞郎[*1]

Demand Feeding Device
−Feeding Behavior of Masu Salmon *Oncorhynchus masou* and Japanese Whithing *Sillago japonica*−

Takao Shima[*1§], Masao Miura[*1], Hiromitsu Onchi[*1] and Mizurou Yokota[*1]

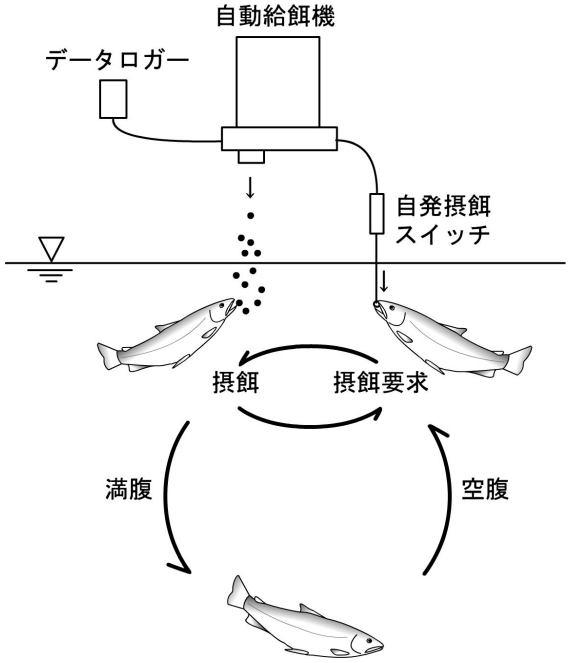
要約：魚自身に給餌機のスイッチを操作させることにより，魚が食べたい時間に食べたい量の摂餌をすることができる自発摂餌装置を用い，サクラマスおよびシロギスの摂餌行動に及ぼす水温上昇および低酸素の影響をそれぞれ検討した。その結果，摂餌行動には生残率，忌避行動を指標とした場合よりも小さな負荷で顕著な影響が認められることから，自発摂餌装置で得られる摂餌に関するデータは環境変化が魚類に及ぼす影響を評価する際に有用であると考えられた。

キーワード：自発摂餌装置，水温，低酸素，サクラマス，シロギス

まえがき

自発摂餌装置は，給餌機とそれを作動させるスイッチからなり，このスイッチを魚自身に操作させることにより給餌が行われる(第1図)。そのため，魚の栄養要求やエネルギー要求に基づいた量を，栄養の消化吸収・代謝リズムに合致した時間に給餌することができると考えられ，養魚の分野での研究が進められている（Brännäs and Alanärä, 1994; Paspatis and Boujard, 1996; Sanchez-Vazques *et al*., 1998, 1999; Yamamoto *et al*., 2000a, 2000b)。

自発摂餌装置のもう一つの特徴は，魚がスイッチを操作し給餌機が作動した時間を記録することにより摂餌量，摂餌リズムなど，魚の摂餌に関するデータを定量的に測定することができることである。本稿では自発摂餌装置を用いて環境変化に対する魚類の摂餌行動への影響を検討した例について述べる。



第1図　自発摂餌装置の概要。

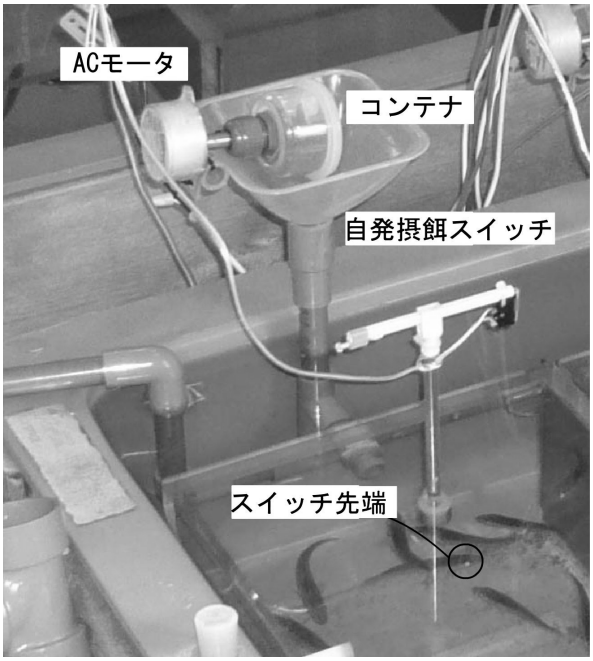
（2013年12月25日受付，2014年2月7日受理）
＊1　公益財団法人海洋生物環境研究所 中央研究所，（〒298-5105 千葉県夷隅郡御宿町岩和田300番地）
§　E-mail: shima@kaiseiken.or.jp

装　置

自発摂餌装置に用いる給餌機は試験の規模，すなわち対象とする魚の成長段階と尾数に応じた量を給餌出来るものを使用する。一般に市販されている養魚用の自動給餌機（島ら，2002）や観賞魚用の小型自動給餌機（Sanchez-Vazques *et al*., 1998）などが利用できるが，一回の作動当たりの給餌量が正確に設定できるものを用いれば，給餌機作動回数から給餌量を容易に求めることができる。また，給餌機は1回の作動に要する時間が短いもの(数秒)が魚の摂餌要求を反映しやすい(Shima *et al*, 2003)。自発摂餌スイッチは，釣り糸の先端に取り付けたビーズ等を魚がくわえて下方への力がかかるように引いたときにマイクロスイッチ（オムロン，SS-5G等）が入力される。給餌機が作動した時間はデータロガー（Onset computing, HOBO Event）に記録される。

方　法

サクラマスの摂餌行動　水温16℃の海水に馴致したサクラマス*Oncorhynchus masou* 20個体(体重約400g)を収容した1t円形水槽に市販の自発摂餌対応の自動給餌機（松坂製作所，さんし郎KX01）を設置し，7日毎に水温を1℃ずつ上昇させ，摂餌行動と生残率に及ぼす影響を検討した。



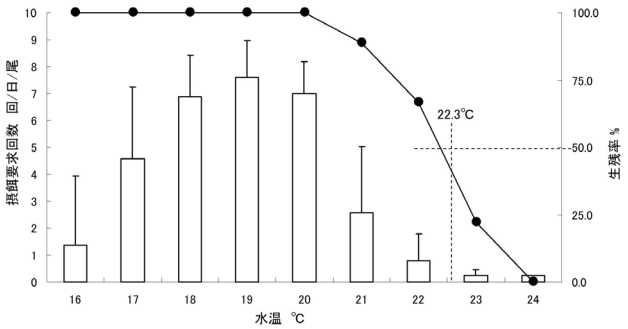
第2図　小規模試験用自発摂餌装置。

シロギスの摂餌行動　水温25℃の海水を掛け流しにした20L半密閉水槽に20個体のシロギス *Sillago japonica*稚魚（体重3.9±1.1g）を収容し，溶存酸素の低下が魚類の摂餌行動に及ぼす影響を検討した。シロギスの摂餌行動試験には，回転速度が30rpmのACモータとタイマを組み合わせた小規模試験用自発摂餌装置を使用した（第2図）。自発摂餌スイッチ先端には，ペレットとほぼ同サイズのガラスビーズが取り付けてあり，これを魚がくわえ，自発摂餌スイッチが入力されると，タイマに制御されたACモータに接続されたコンテナが一回転し，約0.05gのペレットが給餌される。

結　果

サクラマスの摂餌行動　自発摂餌装置を用いて水温上昇がサクラマスの摂餌行動と生残率に及ぼす影響を検討した例を第3図に示す。7日毎に水温を1℃ずつ上昇させた場合，生残率は21℃から徐々に低下し，半数致死水温は22.3℃，全数致死水温は24℃であった。同時に測定した摂餌要求量は，水温が20℃から21℃に水温が上昇した時点で半減していた。

シロギスの摂餌行動　自発摂餌装置を用いて溶存酸素の低下が魚類の摂餌行動に及ぼす影響を検討した例を第4図に示す。自発摂餌装置を設置し，酸素飽和度100%，25℃の海水を掛け流しにした場合，シロギス稚魚の摂餌行動のほとんどは明期中にみられ，特に明期開始の薄明時に活発な摂餌が認められた。水槽に供給する海水の酸素飽和度を40%に下げると，摂餌量が減少すると同時に酸素飽和度100%時の明期開始の薄明時に認められた摂餌要求量のピークが消失した。



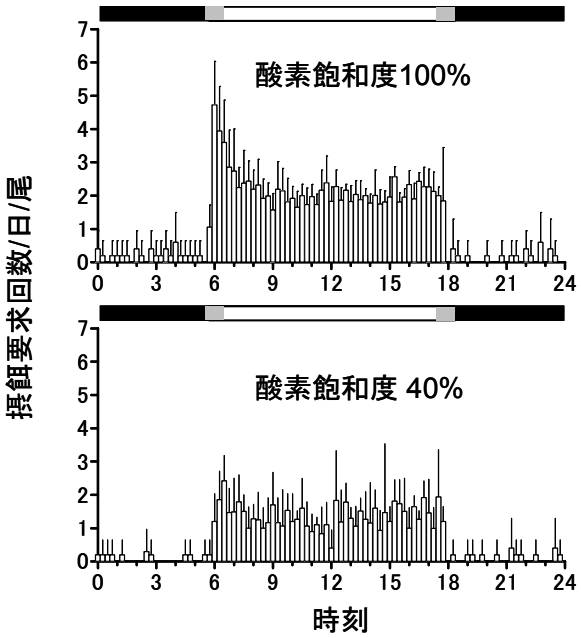
第3図　サクラマスの摂餌要求回数および生残率と水温の関係。摂餌要求回数の値は7日間の日平均±標準偏差。

考　察

水温上昇がサクラマスの摂餌行動と生残率に及ぼす影響を検討した結果，摂餌要求量への水温上昇影響は，半数致死水温よりも低い水温で明確な閾値があることが確認された。シロギスにおいて低酸素に対する明確な忌避行動が認められる溶存酸素飽和度は20%以下（島ら，2014）と報告されているが，シロギス稚魚の摂餌行動に与える影響は，それよりも高い酸素飽和度（40%）でも観察され，摂餌日周リズムに影響を及ぼすことが確認された。以上の結果は，水温上昇，溶存酸素量の低下等の環境変化が摂餌行動に及ぼす影響は，生残率や忌避行動等を指標とした場合に比べ，より小さい環境負荷に対しても鋭敏に現れることを示唆している。言うまでもなく，摂餌は生物の生残，成長，再生産等に関わる必須な行動であり，自発摂餌装置で得られる摂餌に関するデータは環境変化が魚類に及ぼす影響を評価する際に有用であると考えられる。

謝　辞

本研究を実施するにあたり供試魚を生産，飼育して頂いた公益財団法人海洋生物環境研究所中央研究所の瀬戸熊卓見総括技術員および吉野幸恵技術員に感謝の意を表します。なお，本研究は水産庁より委託された平成20年度漁場環境再生発電所取放水活用調査事業として実施された成果の一部である。



第4図　酸素飽和度100%および40%におけるシロギスの摂餌日周リズム。値は15分ごとの摂餌要求回数を7日間の日平均±標準偏差で示した。図中の横棒は明暗周期を示す（12L：12D）。

引用文献

Brännäs, E. and Alanärä, A.（1994）. Effect of reward level on individual variability in demand feeding activity and growth rate in Arctic charr and rainbow trout. *J. Fish. Biol*., **45**, 423-434.

Paspatis, M. and Boujard, T.（1996）. A comparative study of automatic feeding and self-feeding in juvenile Atlantic salmon（*Salmo salar*）fed diets of different energy levels. *Aquaculture*, **145**, 245-247.

Sanchez-Vazques, F.J., Yamamoto, T., Akiyama, T., Madrid, J.A. and Tabata, M.（1998）. Selection of macronutrients by goldfish operating self-feeders. *Physiol. Behave*., **65**, 211-218.

Sanchez-Vazques, F.J., Yamamoto, T., Akiyama, T., Madrid, J.A. and Tabata, M.（1999）. Macronutrient self-selection through demand-feeders in rainbow trout. *Physiol. Behave*., **66**, 45-51.

Shima. T., Yamamoto. T., Furuita, H. and Suzuki, N.（2003）. Effect of response interval of self-feeders on the self-selection of feed demand by rainbow trout（*Oncorhynchus mykiss*）fry. *Aquaculture*, **224**, 181-191.

島　隆夫・小西浩司・古板博文・山本剛史・鈴木伸洋（2002）．普及型自動給餌機を用いた自発摂餌型給餌装置の製作．水産増殖，**50**，441-442.

島　隆夫・恩地啓実・横田瑞郎（2014）．平行流型低酸素反応行動実験水槽－低酸素に対するマハゼ，シロギス，クルマエビの反応行動の解析－．海生研研報，**No.18**, 21-24.

Yamamoto，T., Shima, T., Unuma, T., Shiraishi, M., Akiyama, T. and Tabata, M.（2000a）. Voluntary intake of diets with varying digestible energy contents and energy sources, by juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, using self-feeders. *Fish Sci*., **66**, 528-534.

Yamamoto，T., Shima, T., Furuita, H., Shiraishi, M.,

Sanchez-Vazques, F.J. and Tabata, M.（2000b）. Self-selection of diets with different amino acid profiles by rainbow trout（*Oncorhynchus mykiss*）. *Aquaculture*, **187**, 375-386.