

日水研報告, (10): 75-81, 1962.

Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., (10): 75-81, 1962.

魚の睡眠行動の実験的研究

内橋 潔・島村初太郎・本田厚子

A Experimental Study on the Sleeping of Fish (Gold Fish)

BY

KIYOSHI UCHIHASHI, HATSUTARO SHIMAMURA AND ATSUKO HONDA

Abstract

1. The conditioned reflex was established to gold fish *Carassius auratus* (LINNE) and it was studied how that reflex happened in three artificial light conditions.
2. Under the artificial day and night condition like the natural one, conditioned reflex of the fishes did not happen in natural dark night time.
3. Under the artificial dark condition unlike the natural day and night time.
4. Under the artificial light condition unlike the natural day and night system, that reflex did not happen in the fixed hour of natural night.
5. It is possible to determine exactly the time at which the fish (gold fish) sleeps by applying the conditioned reflex method.
6. The sleep of fishes (gold fish) is light.
7. It is concluded that the sleep in gold fish is a high nervous activity differing from the common nervous function such as stimulation, sens, reaction system.

I. 緒 言

従来おこなわれてきた魚類の睡眠についての観察は、夜間アクアリウムや養魚池などにおいて、夜光塗料、螢などを魚体の一部に結着するいつぼう、指向性灯火を使用して行なわれた。そして行動の緩慢、呼吸数の低下、眼球の不動などを昼間と比較して睡眠状態下にあるものとし、さらに海洋においては漁具漁法に対する各種の行動などから睡眠行動が推論された。しかしながら学習された魚類の反射行動によつて睡眠を論じたものは現在までにみあたらない。

今回筆者等はアクアリウム中において、試験魚としてキンギョを使用し、その睡眠行動についての実験をこころみしたのでその結果を報告する。

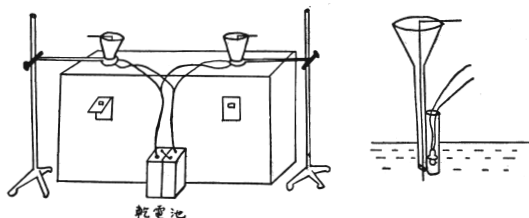
この実験を続行中、庶務課長福田事務官から、夜間観察、実験セットの設備などについて多大の協力を得た。ここに記して感謝の意を表したい。

I. 材料および方法

材料は新潟県亀田町の養魚場より購入した琉金 (*Carassius auratus* LINNÉ) 2才魚3尾でその体長、

体重等は次表の通りである。これらは、いずれも約20日間アクアリウム内で糸みみずをもちい、餌づけを行つたのち実験に使用した。

No.	体 長	体 重	性 別	特 徴	名 称
1	3.2cm	7.8g	♂	尾柄に小白斑あり	白 斑
2	3.5cm	8.0g	♂	尾鱗短かし	短 小
3	3.5cm	8.3g	♀	尾鱗左右不相揃い	変 形



第 1 図 実 験 装 置

実験装置は次の通りである（第1図）

- 1) 水槽 61cm×30cm×32cm鉄骨ガラス製
- 2) 外部からの光の刺激を少なくするため上面および左右前後の5面の覆いに黒色ボール紙を使用した。そして上面の黒色ボール紙の左右両端部に漏斗をとりつけ、これから餌を与えるようにした。さらに投餌管に沿って2.5V、0.3Aの白色電灯をとりつけ、これを条件刺激に使用した。

3) 水槽内部の明るさは特定のものにした。すなわち、昼間は水槽の覆いとしたボール紙の両側面に取り付けた小のぞき窓からのわずかな光線によつて薄暗い照度の昼の状態をつくり、夜間はのぞき窓を閉じて暗黒状態とした。これで昼間はうす暗く、夜間は暗黒となる。さらに第2回目の実験に当つては外部の光線を遮断して昼夜間ともまったくの暗黒状態とした。また第3回目には四方および上部に覆を施して、昼夜間にもわたつて常に20Wの蛍光灯を照射し照度の上では昼夜の区別がないようにした。

4) 実験中音による刺激を少なくするため、実験室内においては物音や振動等に特に注意した。

実 験 方 法

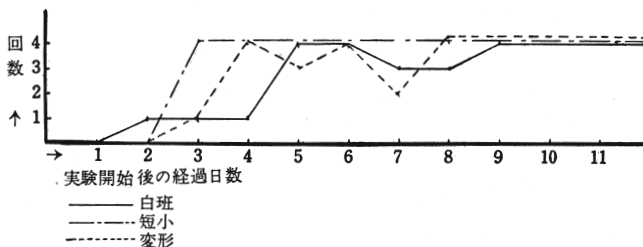
まず材料に対しては、1日に4回（9時30分、12時、14時30分、17時）左右の投餌漏斗から交互に糸みみずを流しこみ、同時に漏斗近くの白色灯を点灯し、白色灯火に対する索餌行動の学習を充分行つた。つぎにこの材料をもちい昼夜間にわたつて①人口の昼夜の区別あるもの、②常に暗黒中にあるもの、③常に明るい状態の環境に対する一昼夜における反射行動を詳細に観察した。

Ⅲ. 実験結果と論議

白色灯を条件刺激とする漏斗よりの投餌を毎日行くと約8日間で、いずれも点灯するだけで漏斗下に集り針金の先端を動かす*、小さな金属音を発するようになった（第2図）。次に点灯時における魚の行動は左右にあげられた小さなのぞき窓から観察した。

実験結果は第1、2、3表の通りで、本表に用いた用語及び符合の定義は次の通りである。

* この行動を“ついでみ行動”と名づけた。



第 2 図 実験にさきだつてキンギョにほどこされた白色灯点灯を条件とする摂餌反射の学習形成の経過

白色灯点灯後30秒以内でついでみ行動があつた場合を+とし、1日における+回数を縦にとり、日数を横にとつて学習を形成させ経過を图表とした。

- ・⊕⊖ 白色灯火は60秒間点灯後消灯し、点灯後30秒以内についばみ行動を行つた場合を⊕としそれ以外を⊖とした。
- ・ついばみ行動と投餌 点灯中ついばみ行動を行つた場合にはいずれも投餌により強化した。
- ・A, B, C, D 水槽内を四分し水槽に向つて、左手前側の領域をA, 同向側をB, 右手前側をC, 同向側をDとした。
- ・滞泳 背鰭, 胸鰭等を動かしているが前後, 左右に移動せず, わずかに上下移動のみする状態。
- ・静止 背鰭, 胸鰭等をわずかに動かしているが, 一カ所に静止し, 前後, 左右, 上下とも移動しない状態。

第 1 表 (実験①) 人工的な昼夜間における白色灯火に対する反応の昼夜間におたる観察結果 (1958年7月16日)

	白	斑	短	小	変	形
9.30 室温26.5℃ 水温24.5℃	⊕中央のD寄り上層に滞泳, 右白灯点灯後4秒で灯火下に来游ついばみ行動, 投餌		⊕中央のD寄り中層に滞泳, 右白灯点灯後7秒で灯火下に来游ついばみ行動, 投餌		⊕A中層をD方向へ滞泳, 右白灯点灯後10秒で灯火下に来游ついばみ行動, 投餌	
12.00 室温26℃ 水温24.5℃	⊕C中層をA方向へ滞泳, 左白灯点灯後6秒で灯火下に来游ついばみ行動, 投餌		⊕C中層に滞泳, 左白灯点灯後6秒で灯火下に来游ついばみ行動, 投餌		⊕C下層をB方向へ滞泳, 左白灯点灯後5秒で灯火下に来游ついばみ行動, 投餌	
14.30 室温25.5℃ 水温24℃	⊕右白灯下に滞泳, 右白灯点灯後2秒でついばみ行動, 投餌		⊕C中層をC方向へ滞泳, 右白灯点灯後6秒で灯火下に来游ついばみ行動, 投餌		⊕右白灯のC寄り中層に滞泳, 右白灯点灯後4秒で灯火下に来游ついばみ行動, 投餌	
17.00 室温25℃ 水温24℃	⊕A上層に滞泳, 左白灯点灯後10秒で灯火下に来游ついばみ行動, 投餌		⊕A下層に滞泳, 左白灯点灯後9秒で灯火下に来游ついばみ行動		⊕中央のA寄り下層に滞泳, 左白灯点灯後11秒で灯火下に来游, ついばみ行動, 投餌	
19.30 室温24.5℃ 水温24℃	⊖A中層をB方向へ滞泳, 右白灯点灯後60秒で灯火下に来游ついばみ行動, 投餌		⊖AのC寄り中層とC方向へ滞泳, 右白灯点灯後58秒で灯火下に来游60秒でついばみ行動, 投餌		⊖A中層をD方向へ滞泳, 右白灯点灯後58秒で灯火下に来游61秒でついばみ行動, 投餌	
20.30 室温24℃ 水温22.5℃	⊖左白灯下中層に滞泳, 左白灯点灯後15秒で浮上, ついばみ行動なし		⊖左白灯の中央寄り中層に滞泳, 左白灯点灯後30秒で灯火にわずかに接近, ついばみ行動なし		⊖B中層に静止左白灯点灯後も反応なし	
22.30 室温24℃ 水温22.8℃	⊖A中層にA方向をむき静止, 右白灯点灯後も反応なし		⊖右灯火下中層にA向きに滞泳, 右白灯点灯後17秒で下層に沈下後同所でA方向をむき静止		⊖B下層においてD方向へむき緩慢に滞泳, 右白灯点灯後も同方向へ緩慢に滞泳	
0.30 室温24℃ 水温22℃	⊖左白灯下中央にB向きに静止, 左白灯点灯後即時下層へ沈下後同所でB方向をむき静止		⊖左白灯下A寄りの中層にA向きに静止, 左白灯点灯後即時沈下後同所でA向きに静止		⊖左白灯中央寄りの中層にC向きに静止, 左白灯点灯後即時下層へ沈下, C方向をむき同所で静止	
2.30 室温23℃ 水温22℃	⊖B中層にC向きに静止, 右白灯点灯後5秒で下層へ沈下後C方向をむき同所で静止		⊖A下層をD方向へ極めて緩慢に滞泳, 右白灯点灯後も同方向へ極めて緩慢に滞泳		⊖D中層にD向きに静止, 右白灯点灯後10秒で下層へ沈下D方向をむき同所で静止	
3.30 室温23℃ 水温22℃	⊖右白灯中央寄りの中層にA向きに滞泳, 左白灯点灯後即時下層へ沈下後A方向をむき同所で静止		⊖B下層でD方向をむき静止滞泳, 右白灯点灯後も反応なし		⊖中央のA寄り下層にC方向をむき静止, 右白灯点灯後も反応なし	
4.30 室温23.5℃ 水温22℃	⊖C下層においてA方向をむき静止, 左白灯点灯後も反応なし		⊖中央のA寄り中層にD向きに静止, 左白灯点灯後6秒で下層へ沈下D方向をむき同所で静止		⊖D中層にC向きに静止, 左白灯点灯後9秒で下層へ沈下C方向をむき同所で静止	
5.00 室温23.5℃ 水温22.5℃	⊖右白灯のC寄りの中層に滞泳, 右白灯点灯後48秒で灯火下に来游滞泳, 51秒でついばみ行動, 投餌		⊖A中層に滞泳, 右白灯点灯後47秒で灯火下に来游滞泳, 50秒でついばみ行動, 投餌		⊖A下層で滞泳, 右白灯点灯後47秒で灯火下に来游即時ついばみ行動, 投餌	
6.00 室温24℃ 水温22.5℃	⊖D中層に滞泳, 左白灯点灯後36秒で灯火下に来游ついばみ行動, 投餌		⊖DのC寄り中層に滞泳, 左白灯点灯後31秒で灯火周辺に来游滞泳し35秒でついばみ行動, 投餌		⊖中央のC寄り中層に滞泳, 左白灯点灯後31秒で灯火下に来泳し36秒でついばみ行動, 投餌	
7.00 室温24.5℃ 水温23℃	⊕中央のB寄り上層に滞泳, 右白灯点灯後25秒で灯火下に来游ついばみ行動, 投餌		⊕中央のB寄り中層に滞泳, 右白灯点灯後27秒で灯火下に来游ついばみ行動, 投餌		⊕中央のB寄りの中層に滞泳, 右白灯点灯後27秒で灯火下に来游ついばみ行動, 投餌	

第 2 表 (実験②) 昼夜とも暗黒状態における白色灯に対する反応の昼夜間にわたる観察結果
(1958年8月6日)

	白	斑	短	小	変	形
9.30 室温27.5℃ 水温24.5℃	⊕中央のD寄り上層をB方向へ游泳し右白灯点灯後8秒で灯火下に来游15秒でついでばみ行動、投餌	⊕中央のC寄り中層に滞泳、右白灯点灯後5秒で灯火下に来游17秒でついでばみ行動、投餌	⊕D下層に滞泳、右白灯点灯後10秒で灯火下に来游滞泳、20秒でついでばみ行動、投餌			
12.00 室温26.5℃ 水温24.5℃	⊕A中層に滞泳、左白灯点灯後7秒で灯火下に来游10秒でついでばみ行動、投餌	⊕A中層に滞泳、左白灯点灯後6秒で灯火下に来游滞泳10秒でついでばみ行動、投餌	⊕A下層にB方向へ游泳、左白灯点灯後15秒で灯火下に来游15秒でついでばみ行動、投餌			
14.30 室温26.5℃ 水温25.0℃	⊕Dの中央寄り中層に滞泳、右白灯点灯後13秒で灯火下に来游即時ついでばみ行動、投餌	⊕Cの中央寄り中層をB方向へ游泳、右白灯点灯後15秒で灯火下に来游即時ついでばみ行動、投餌	⊕中央のA寄り上層に滞泳、右白灯点灯後15秒で灯火下に来游即時ついでばみ行動、投餌			
17.00 室温26.0℃ 水温25.0℃	⊕D中層に滞泳、左白灯点灯後9秒で灯火下に来游12秒でついでばみ行動、投餌	⊕DのC寄り中層に滞泳、左白灯点灯後10秒で灯火下に来游10秒でついでばみ行動、投餌	⊕Cの中央寄り下層に滞泳、左白灯点灯後10秒で灯火下に来游即時ついでばみ行動、投餌			
18.30 室温26.0℃ 水温25.0℃	⊖右白灯下層に静止滞泳、右白灯点灯後も反応なし	⊖右白灯の中央寄り中層に滞泳、右白灯点灯後A下層へ緩慢に游泳	⊖D下層に滞泳、右白灯点灯後C下層を緩慢に游泳灯火下に接近来游せるもついでばみ行動なし			
19.00 室温26℃ 水温24.5℃	⊖中央のB寄り中層に滞泳、右白灯点灯後A下層に緩慢に游泳	⊖C下層に滞泳、左白灯点灯後A方向に緩慢に游泳灯火下に接近来游するもついでばみ行動なし	⊖Aの中央寄り中層にA向きに静止、左白灯点灯後も反応なし			
19.30 室温46℃ 水温22℃	⊖B中層にC向きに静止滞泳、右白灯点灯後下層へ沈下C向きに静止滞泳	⊖A下層にB向きに静止滞泳、右白灯点灯後も反応なし	⊖C下層に滞泳、右白灯点灯後B方向へ緩慢に游泳			
20.30 室温25.5℃ 水温24℃	⊖A下層に滞泳、左白灯点灯後C下層へ緩慢に游泳	⊖D下層に滞泳、左白灯点灯後中央下層へ緩慢に游泳	⊖C下層に滞泳、左白灯点灯後A下層へ緩慢に游泳			
22.30 室温25.5℃ 水温23℃	⊖右白灯直下にA方向をむき静止、右白灯点灯後即時中層へ沈下A方向をむき静止	⊖右白灯のC寄り中層にB方向をむき静止、右白灯点灯後即時下層へ沈下B方向をむき静止	⊖B下層に滞泳、右白灯点灯後D方向へ緩慢に游泳			
0.30 室温25.5℃ 水温23℃	⊖左灯火下層に滞泳、左白灯点灯後D方向へ緩慢に游泳	⊖A中層に滞泳、左白灯点灯後左灯火中層に来游点灯後45秒でB下層に緩慢に游泳ついでばみ行動なし	⊖C下層に滞泳、左白灯点灯後左灯火下層に来游点灯後48秒でA下層へ緩慢に游泳ついでばみ行動なし			
2.30 室温24.5℃ 水温22℃	⊖右白灯のD寄り下層にD方向をむき静止、右白灯点灯後D方向へ緩慢に游泳	⊖右灯下層にC向きに静止、右白灯点灯後C下層をC方向へ緩慢に游泳	⊖右白灯中央寄り中層にB向きに静止、右白灯点灯後即時下層へ沈下B下層をB方向へ緩慢に游泳			
3.30 室温24.5℃ 水温22℃	⊖右白灯の中央寄り中層にB向きに静止、左白灯点灯後即時下層へ沈下B向きに静止	⊖左白灯のB寄り下層にD方向をむき静止、左白灯点灯後も反応なし	⊖D下層にD方向をむき静止、左白灯点灯後も反応なし			
4.30 室温25℃ 水温22.5℃	⊖右白灯下中層にA向きに静止、右白灯点灯後即時下層へ沈下A向きに静止	⊖Aの中央寄り中層にA向きに静止滞泳、右白灯点灯後即時下層へ沈下A向きに静止	⊖C下層に滞泳、右白灯点灯後B方向に緩慢に游泳			
5.00 室温25℃ 水温22.5℃	⊖中央中層に滞泳、左白灯点灯後60秒で灯火中層に来游滞泳、ついでばみ行動なし	⊖A下層をA方向へ緩慢に游泳、左白灯点灯後120秒で灯火下中層に来游、ついでばみ行動なし	⊖B下層においてB方向に緩慢に游泳、左白灯点灯後70秒で灯火下中層に来游、ついでばみ行動なし			
6.00 室温26℃ 水温23.5℃	⊕Cの中央寄り上層でA方向へ游泳、右白灯点灯後7秒で灯火下に来游9秒でついでばみ行動、投餌	⊕中央のD寄り中層に滞泳、右白灯点灯後6秒で灯火下に来游9秒でついでばみ行動、投餌	⊕Dの中央寄り中層に滞泳、右白灯点灯後7秒で灯火下に来游10秒でついでばみ行動、投餌			

第 3 表 (実験③) 昼夜とも人工光下における白色灯に対する反応の昼夜間にもわたる観察結果 (1958年12月12日)

	白	斑	短	小	変	形
9.30 室温 21℃ 水温 19℃	⊕中央のA寄り中層をC方向へ游泳, 右白灯点灯後13秒で灯火下に来游滞泳20秒でついでばみ行動, 投餌	⊕AのB寄り上層をC方向へ游泳, 右白灯点灯後9秒で灯火下に来游滞泳21秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Bの中層に滞泳, 右白灯点灯後10秒で灯火下に来游滞泳19秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Bの中層に滞泳, 右白灯点灯後11秒で灯火周辺に来游, 滞泳21秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Bの中層に滞泳, 右白灯点灯後11秒で灯火周辺に来游, 滞泳21秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Bの中層に滞泳, 右白灯点灯後11秒で灯火周辺に来游, 滞泳21秒でついでばみ行動, 投餌
12.00 室温 21℃ 水温 19℃	⊕左白灯の中央寄り中層に滞泳, 左白灯点灯後8秒で灯火下に来游21秒でついでばみ行動, 投餌	⊕左白灯のB寄り下層に滞泳, 左白灯点灯後9秒で灯火下に来游滞泳22秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Cの中層に滞泳, 右白灯点灯後8秒で灯火下中層に来游滞泳15秒でついでばみ行動, 投餌	⊕左白灯の中央寄り中層に滞泳, 左白灯点灯後8秒で灯火下に来游灯火周辺を游泳し21秒でついでばみ行動, 投餌	⊕左白灯の中央寄り中層に滞泳, 左白灯点灯後8秒で灯火下に来游灯火周辺を游泳し21秒でついでばみ行動, 投餌	⊕左白灯の中央寄り中層に滞泳, 左白灯点灯後8秒で灯火下に来游灯火周辺を游泳し21秒でついでばみ行動, 投餌
14.30 室温 21.5℃ 水温 19℃	⊕CのD寄り上層をA方向へ游泳, 右白灯点灯後8秒で灯火下中層に来游滞泳21秒でついでばみ行動, 投餌	⊕DのC寄り中層をA方向へ游泳, 左白灯点灯後13秒で灯火下に来游灯火周辺中層を游泳25秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Dの中央寄り中層をB方向へ游泳, 左白灯点灯後12秒で灯火下に来游灯火周辺下層を游泳27秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Cの中層に滞泳, 右白灯点灯後8秒で灯火下に来游滞泳15秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Cの中層に滞泳, 右白灯点灯後10秒で灯火下に来游滞泳19秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Cの中層に滞泳, 右白灯点灯後10秒で灯火下に来游滞泳19秒でついでばみ行動, 投餌
17.00 室温 20.5℃ 水温 19℃	⊕D下層に滞泳, 左白灯点灯後14秒で灯火下に来游灯火周辺中下層を游泳26秒でついでばみ行動, 投餌	⊕DのB寄り中層をA方向へ游泳, 右白灯点灯後5秒で灯火下に来游滞泳9秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中層に滞泳, 左白灯点灯後10秒で灯火下に来游滞泳21秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中央寄り中層をC方向へ游泳, 左白灯点灯後12秒で灯火下に来游灯火周辺を游泳し24秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳
19.30 室温 21℃ 水温 18.5℃	⊕中央のB寄り上層で滞泳, 右白灯点灯後6秒で灯火下に来游滞泳10秒でついでばみ行動, 投餌	⊕DのB寄り中層をA方向へ游泳, 右白灯点灯後5秒で灯火下に来游滞泳9秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中央寄り中層をC方向へ游泳, 左白灯点灯後12秒で灯火下に来游灯火周辺を游泳し24秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳
20.30 室温 21℃ 水温 18.5℃	⊕AのB寄り上層をD方向へ游泳, 左白灯点灯後10秒で灯火下に来游滞泳21秒でついでばみ行動, 投餌	⊕DのB寄り中層をA方向へ游泳, 右白灯点灯後5秒で灯火下に来游滞泳9秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中央寄り中層をC方向へ游泳, 左白灯点灯後12秒で灯火下に来游灯火周辺を游泳し24秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳
22.30 室温 21℃ 水温 18.5℃	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕DのB寄り中層をA方向へ游泳, 右白灯点灯後5秒で灯火下に来游滞泳9秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中央寄り中層をC方向へ游泳, 左白灯点灯後12秒で灯火下に来游灯火周辺を游泳し24秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳
24.30 室温 20.5℃ 水温 18.5℃	⊕Aの中層で滞泳, 左白灯点灯後55秒で灯火に接近来游後C方向へ活潑に游泳ついでばみ行動なし	⊕Cの中層をA方向へ游泳, 左白灯点灯後50秒で灯火直下に来游後A下層をB方向へ游泳ついでばみ行動なし	⊕Aの中央寄り中層をC方向へ游泳, 左白灯点灯後12秒で灯火下に来游灯火周辺を游泳し24秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳
2.30 室温 19.5℃ 水温 18℃	⊕D中層に滞泳, 右白灯点灯後15秒で灯火に接近来游後C下層を游泳底部をついでばみ活潑に游泳ついでばみ行動なし	⊕Cの中層からB上層を活潑に游泳, 右白灯点灯後40秒で灯火に接近来游滞泳ついでばみ行動なし	⊕Aの中央寄り中層をC方向へ游泳, 左白灯点灯後12秒で灯火下に来游灯火周辺を游泳し24秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳
3.30 室温 19℃ 水温 18℃	⊕C上層に静止滞泳, 左白灯点灯後17秒で灯火周辺上層に接近来游滞泳後45秒でA下層を游泳ついでばみ行動なし	⊕DのC寄り上層に静止滞泳, 左白灯点灯後28秒で灯火下中層に接近来游後Dの中央寄り下層へ游泳ついでばみ行動なし	⊕Aの中央寄り中層をC方向へ游泳, 左白灯点灯後12秒で灯火下に来游灯火周辺を游泳し24秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳
4.30 室温 17℃ 水温 18.5℃	⊕B中層をD方向に緩慢に游泳, 右白灯点灯後30秒で灯火に接近来游後緩慢にC方向へ游泳ついでばみ行動なし	⊕中央のA寄り中層に静止, 右白灯点灯後25秒で灯火下中層に接近来游後B方向へ緩慢に游泳ついでばみ行動なし	⊕Aの中央寄り中層をC方向へ游泳, 左白灯点灯後12秒で灯火下に来游灯火周辺を游泳し24秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳
5.00 室温 18℃ 水温 18.5℃	⊕A上層に静止, 左白灯点灯後も反応なし	⊕Dの中央寄り中層に静止, 左白灯点灯後25秒で灯火下中層に接近来游滞泳90秒でA下層を緩慢に游泳ついでばみ行動なし	⊕Aの中央寄り中層をC方向へ游泳, 左白灯点灯後12秒で灯火下に来游灯火周辺を游泳し24秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳
6.00 室温 18.5℃ 水温 18.5℃	⊕右白灯の中央寄り中層に滞泳, 右白灯点灯後10秒で灯火に接近C中層を游泳, ついでばみ行動なし	⊕Cの中層に滞泳, 右白灯点灯後10秒で灯火に接近来游後C下層に滞泳45秒で再び灯火に接近来游, ついでばみ行動なし	⊕Aの中央寄り中層をC方向へ游泳, 左白灯点灯後12秒で灯火下に来游灯火周辺を游泳し24秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳
7.00 室温 18℃ 水温 18.5℃	⊕CのD寄り中層に滞泳, 左白灯点灯後20秒で灯火下に来游滞泳28秒でついでばみ行動投餌	⊕Cの中層に滞泳, 左白灯点灯後20秒で灯火周辺に来游滞泳30秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中央寄り中層をC方向へ游泳, 左白灯点灯後12秒で灯火下に来游灯火周辺を游泳し24秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳
7.30 室温 17.5℃ 水温 18.5℃	⊕BのA寄り下層に滞泳, 右白灯点灯後25秒で灯火下に来游即時ついでばみ行動, 投餌	⊕AのB寄り中層に滞泳, 右白灯点灯後24秒で灯火に来游灯火周辺を游泳28秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中央寄り中層をC方向へ游泳, 左白灯点灯後12秒で灯火下に来游灯火周辺を游泳し24秒でついでばみ行動, 投餌	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳	⊕Aの中層に滞泳, 右白灯点灯後D方向へ游泳

実験①においては(昼間9時30分—17時)には白色灯点灯後4—11秒で示されたついでみ行動が、19時30分の観察では白色灯点灯後60秒—61秒で示された。以後翌朝5時に白色灯点灯後47—51秒でついでみ行動が示されるまでの間のいずれの観察時にも、ついでみ行動を見ることが出来なかつた。5時、6時、7時と時間の経過にしたがつて、点灯後、灯火下に来遊するまでの時間は短くなり、灯火下に来遊後、ついでみ行動を開始するまでの時間も短くなっている。白色灯を点灯してもついでみ行動が行われない時には、緩慢に游泳、滞泳、静止、沈下などの現象がみられた。

実験②においては昼間(9時30分—17時)では白色灯点灯後10—20秒でついでみ行動がみられた。17時以後翌朝4時30分までは緩慢に游泳、滞泳、静止、沈下などの現象が前回と同様にみられた。翌朝6時には白色灯点灯後9—10秒でついでみ行動がみられた。

実験③においては20時30分には白色灯点灯後21—24秒でついでみ行動がみられたが、以後はついでみ行動なく、翌朝には7時になつて始めて白色灯点灯後23—45秒でついでみ行動がみられた。この実験の夜間(19時30分—6時)における魚の行動は前2回の実験と比較してかなりの相異がみとめられる。すなわち魚は3尾とも2時30分に至るまで水槽内を活潑に游泳し、前実験においてみられた夜間行動の不活潑さはまったくなかつた。3時30分以後は前実験の夜間における魚の状態と同様に行動の緩慢、滞泳、静止等がみとめられ、その行動はきわめて不活潑な状態を呈したが、前実験においてみられた夜間の特異現象と思われる魚の沈下現象はまったくみられなかつた。

以上の実験結果からキンギョの夜間の行動を考察すると実験①に示された19時30分—6時まで、実験②に示された18時30分—5時まで、実験③における22時30分—7時30分までは、極めて強固に形成された条件反射がまったくみられない。この状態をキンギョにおける睡眠であると解釈する。

実験①、②における観察において、点灯時沈下行動が示された事実は睡眠時においても光の刺激は感受していることを示し、且つまた魚類における睡眠行動はきわめて浅いものであると考えられる。同様の観点から第③の実験における睡眠をみるに、沈下行動のないのは周囲の状態が明るいため条件刺激に使用した白色灯が相対的に強い刺激として働かない為であると推察する。

実験①、②、③とも多少の差異があるが、全体としてはほぼ同様の結果を得た。このことは、季節によつて多少の差異があると考えられるが、1昼夜間に定時的に機能の低下がみられることを示している。またキンギョにおけるこうした条件反射の成立しない時間を睡眠とする場合、その時間的な測定が前述の方法で可能であることを示している。

魚類の睡眠に関する BOULENGEN ('29)、木下 ('35)、柘植・内橋他 ('52)、井上 ('55)等の諸研究は各種の外見的な行動を中心として観察したものであることは、魚類の生態上における特殊性によつてやむを得ないものであるが、正確に睡眠状態を観察したものとはいへなからう。

筆者等は睡眠というような現象は一般の刺激—感覚—反応などは、異つた高次な神経作用の変化において論じられるべきものであるとの見方をとつている。

そこで今回白色灯と投餌により学習されたキンギョの昼夜間における反射行動を詳細に観察したわけであるが、水槽中のキンギョにおいては、きわめて強固に形成された白色灯の条件刺激に対して、一昼夜中のある時刻には全然反応を示さない時があることが観察されたわけである。こうした特殊にして、且つ1日には必ずほぼ定時的に生起する行動は、神経系における機能の低下とみることができると共に、その低下時と昂揚時の区別の判別が条件反射によつて測定することの可能なことを示したものと考えられる。

IV. 摘 要

1. 魚(キンギョ)に条件反射を予め形成せしめ、それが、人工的な3つの条件下において、如何に生起するかを観察した。
2. 自然における昼夜とほぼ時間的経過を同じくするような人工的な昼夜条件の下では、暗黒の夜間に条件反射は生起しない。
3. 自然における昼夜と全く異なり常に暗黒の条件の下においても、自然に来訪する夜時間には条件反射は生起しない。

4. 自然における昼夜と全く異なり常に明るい条件の下においては自然の夜時間中の一定時間の間のみ条件反射が生起しない。
5. 魚（キンギョ）の睡眠は条件反射によつて、その時刻をほぼ正確に測定することができる。
6. 魚（キンギョ）の睡眠は浅い。
7. 魚の睡眠は通常の刺激—感覚—反応などの一般的な神経機能と異なり、さらに高度の神経作用によることが推定される。

文 献

BOULENGER, E. G. (1929). Observations on the Nocturnal Behaviour of Certain Inhabitants of the Society's Aquarium. *Proc. Zool. Soc. London*.

井上喜平治 (1955). 淡水魚の夜間行動に関する実験 (第1報). 日本生態学会誌. Vol. 4, No. 4.

木下好治 (1935). ベラの冬眠並に睡眠について. 動物学雑誌, Vol. 47, No. 566.

柘植秀臣・内橋 潔・井伊 明・井上喜平治・小川良徳 (1952). 魚類の夜間行動に関する研究 (第1報). 日水研創立三周年記念論文集.