

京都スタジアム(仮称)整備に係るアユモドキのモニタリング調査

～アユモドキ飼育個体の挙動観察(騒音・振動・光(照明))結果～

<目 次>

1. 調査目的	1
2. 挙動観察場所	1
3. 飼育個体と飼育水槽	1
3.1 飼育個体	1
3.2 飼育個体の移送	1
3.3 飼育水槽	2
3.4 飼育条件	2
4. 挙動観察	3
4.1 挙動観察機材	3
4.2 挙動観察	4
(1) 騒音に係る挙動観察	4
(2) 振動に係る挙動観察	4
(3) 光(照明)に係る挙動観察	4
5. 挙動観察の結果(工事前)	5
5.1 工事前1回目(振動・騒音):実施日1月19日、水温14.8℃	5
5.2 工事前2回目(照明):実施日2月2日、水温17.6℃	6
5.3 工事前3回目(振動・騒音):実施日2月23日、水温17.5℃~18.5℃	7
6. 挙動観察の結果(工事中)	8
6.1 工事中1回目(振動・騒音):実施日3月22日、水温18.5℃	8
6.2 工事中2回目(振動・騒音):実施日4月28日、水温19.5℃	10
7. 段階的照度に対する挙動の確認	12
8. 振動からの忌避行動の確認	13
9. 常時の挙動観察(工事中)	15
9.1 常時観察の結果	15
10. 今後の予定	15

1. 調査目的

騒音・振動については、スタジアムの工事中及び供用後の影響が考えられ、光（照明）については、供用後の影響が考えられるが、これらに対するアユモドキへの影響は現時点で評価に足る情報が不足していることから、アユモドキの飼育個体等を用い、工事箇所周辺に新たに観察水槽を設置し、着工までに騒音・振動・照明などに対する変化の有無を挙動観察（ビデオ観察）により行いデータを収集する。また、工事中においても常時挙動観察（ビデオ観察）を行い、回避行動等の状況を事前の観測データと比較し影響の有無を確認する。

2. 挙動観察場所

工事に対するアユモドキへの影響が把握できるよう、アユモドキの生息場所に近接し、スタジアム工事現場側にあり、桂川と曾我谷川の合流部下流右岸に位置する亀岡市商工会館に飼育水槽を設置し挙動観察を行う。



図 1 位置図

3. 飼育個体と飼育水槽

3.1 飼育個体

亀岡市役所で飼育展示している平成 27 年 6 月生まれのアユモドキ 130 個体のうち、20 個体を飼育し挙動観察を行う。

3.2 飼育個体の移送

対象個体をビニール袋に入れ、魚の高さの 2~3 倍程度の深さの水と酸素を注入し、ゴムで止め、車で速やかに移送した。なお、移動中の揺れによるストレスを回避するため、箱には新聞紙を詰め、ビニール袋等が動かないように運搬した。

移送距離：亀岡市役所～亀岡市商工会館（距離 約 1.7km）

3.3 飼育水槽

水槽はステンレス台の上に設置し、水槽内には、購入した砂利を敷き、アユモドキの隠れ場所として亀岡市で以前使われていた石や購入したパイプを配置した。

照明はLEDライトの自然色光を用い、挙動観察の際は、アユモドキへの影響を軽減するため、観察者の動きが見えないよう、カメラのレンズ部分に穴をあけたカーテンを設けるとともに、観察者の振動等も伝わらないよう、リモコン等で機器を遠隔操作することとした。

なお、使用した水槽等は以下のとおりとした。

飼育展示水槽（横 90cm×奥 30cm×高 36cm 程度）、浄化装置（上部フィルター）、水槽用エアポンプ、照明器具、ヒーター、砂、砂利（市販品）、隠れ家（石、塩ビパイプ）

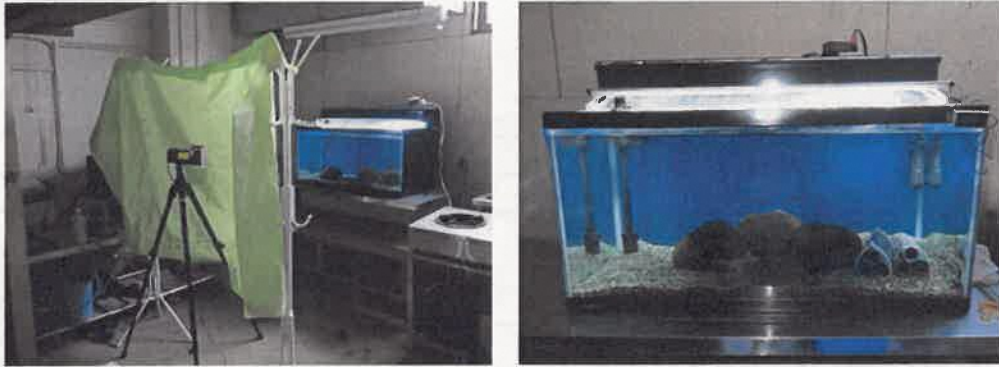


図 2 左：設置した水槽とカメラの位置、右：設置した水槽

3.4 飼育条件

飼育している 90 cm水槽は、温度調節機能付きヒーターで水温設定している。水槽設置時の水温は、環境保全専門家会議 WG の意見を踏まえ、亀岡市の飼育水槽温度と同じでアユモドキが一定活動可能な 15℃に設定し、その後、アユモドキの活性を上げるために、挙動観察 2 回目の 2 月 2 日からは 18℃に設定して飼育した。

飼育中の照明条件を一定にするため、上部の LED ライトは、毎日の点灯を 8:00、消灯を 18:00 に設定した。

餌は、冷凍赤虫を使用し、食べ残しによる水質悪化を防ぐため 2~3 日に 1 回与えた。水替えは 1 週間に 1 回程度を目安に実施した。

なお、飼育管理の際の時間、水替え、pH、餌量は以下のとおりである。

1月	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
時刻	1800	800	1845	1835			1810			1830		1130	1400	1830	1830		820		1810	1830
水替え													20L	20L						20L
PH			8.25	8.23	8.3		8.33			8.29		8.38	8.2	8.15	7.98		8.08		8.08	8.17
餌1パック			○		○		○			○		○	○	○	○		○		○	○




餌：冷凍赤虫使用
餌 1 パックは 4.16 g

2月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
時刻	2040		800		1205		1405	1800		1830	1407		1108	1330	1820	1850		1850		1804		1400	1800	1032				1255	
水替え							20L							20L								20L							20L
PH	8.17		7.98		8.2		8.28	8.15		8.1	8.04		8	7.9	7.95	7.89		7.88		7.88		7.88	7.9	7.88				7.87	7.8
餌1パック	○		○		○		○	○		○	○		○	○	○	○		○		○		○	○	○				○	○

3月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
時刻	1800			822		2000	1415	1800		848		1413	1330	1800				1200		1220	2000		1800	838		816		1340	1800	1810	
水替え							20L							20L																20L	
PH	7.74			7.2		7.9	7.89		7.89		7.97		7.9	7.89	7.91			7.95		7.91	7.98		7.9	7.87		7.79		7.80	7.81	7.79	
餌1パック	○			○		○	○		○		○		○	○	○			○		○		○		○	○		○		○	○	

4. 挙動観察

4.1 挙動観察機材

<p>■振動レベル計</p> <p>メーカー リオン株式会社</p> <p>型式：VM-53A</p> <p>仕様 適合規格：計量法・振動レベル計 JIS C 1510：1995 実効値検出回路：デジタル演算方式、 動特性：0.63 秒 使用温湿度：-10~50℃、~90%RH 演算：デジタル方式</p> <p>測定レンジ幅など 測定レベル範囲：振動レベル Lv-225dB~120dB、 Lv-X/Y 30 dB~120 dB 測定周波数範囲：振動レベル：1 Hz~80 Hz</p> <p>その他</p>	
<p>■普通騒音計</p> <p>メーカー リオン株式会社</p> <p>型式：NL-21</p> <p>仕様 適合規格：計量法普通騒音計 JIS C 1509-1 (IEC 61672-1) クラス 2 実効値検出回路：デジタル演算方式 使用温湿度：-10~50℃、10~90%RH 演算：デジタル方式 マイクロホン：1/2 インチエレクトレットコンデンサマイク</p> <p>測定レンジ幅など 測定レベル範囲：28~130dB 測定周波数範囲：20Hz~20kHz</p> <p>その他</p>	
<p>■照度計</p> <p>メーカー 株式会社カスタム</p> <p>型式：LX-1330</p> <p>仕様 センサタイプ：シリコンフォトダイオード サンプリング：2.5 回/秒 使用温湿度：~+50℃、80%RH 以下</p> <p>測定レンジ幅など レンジ：0~20、200、2,000、20,000 lux 測定範囲：0.01~20,000 lux 分解能：0.01、0.1、1、10 lxs 測定精度：±(3%rdg+0.5%fs)/<10000 lux ±(4%rdg+0.5%dgt)/>10001 lux</p> <p>その他</p>	

4.2 挙動観察

工事前に、騒音、振動、照明によるアユモドキへの影響を確認するため、工事中に想定される騒音、振動及び供用後に想定される光(照明)による負荷をアユモドキに与え挙動観察した。

工事中は、工事騒音・振動による影響を把握するため、工事の騒音・振動を連続計測するとともに、水槽を常時撮影し挙動観察した。

(1) 騒音に係る挙動観察

- ◆ 騒音は、スピーカーを水槽の前面に設置し発生させ、水槽付近に騒音計を設置して計測
- ◆ 影響予測評価で予測された合成騒音レベル 62.9dB を目安に、工事音サンプルを Bluetooth スピーカーから発生させ10分程度連続して与えた。
- ◆ 1時間程度間隔をあけて計3回実施した。
- ◆ 工事中は、工事等による騒音・振動の挙動観察を行った。

(2) 振動に係る挙動観察

- ◆ 振動は、水槽上部に設置した水槽用エアポンプで発生させ、水槽付近に振動計を設置して計測
- ◆ 影響予測評価で予測された合成振動レベル 48dB を目安に、エアポンプで振動を発生させ10分程度連続して与えた。
- ◆ 1時間程度間隔をあけて計3回実施した。
- ◆ 工事中は、工事等による騒音・振動の挙動観察を行った。

(3) 光(照明)に係る挙動観察

- ◆ 光は、水槽上部に設置した照明(LEDライト)で発生させ、水槽付近に照度計を設置して計測
- ◆ 影響予測評価で予測された照度 0.2ルクスを目安に、カーテンや暗幕等で水槽付近を暗くした状態から、黒フィルムで照度調節した LED ライトを水槽の真上から点灯させ、10分間程度連続して与えた。
- ◆ 1時間程度間隔をあけて計3回実施した。
- ◆ 1日3回の挙動観察の間は照明を切り暗くし、観察後は、通常の照明時間(8:00~18:00)に切替えて飼育を継続した。

5. 挙動観察の結果（工事前）

5.1 工事前1回目（振動・騒音）：実施日1月19日、水温14.8℃

表1 挙動観察の結果

項目	時刻	調査回	与えた負荷	アユモドキの挙動
振動	11:25~11:35	1回目	約50db	目立った変化は無かった
	14:55~15:05	2回目	約50db	
	17:00~17:15	3回目	約50db	
騒音	12:40~12:50	1回目	約50~70db	
	14:00~14:10	2回目	約59~80db	
	16:05~16:15	3回目	約59~80db	

※1 アユモドキ全個体が以前から設置していた塩ビパイプの下に潜り観察出来ない状況であったため、塩ビパイプを取り除いたところ、左右の石の下に10個体ずつ定位した。

※2 第1回振動実験後、左石の下にいた10個体が移動し、全ての個体が右側の石下に定位した。



図3 騒音実験風景

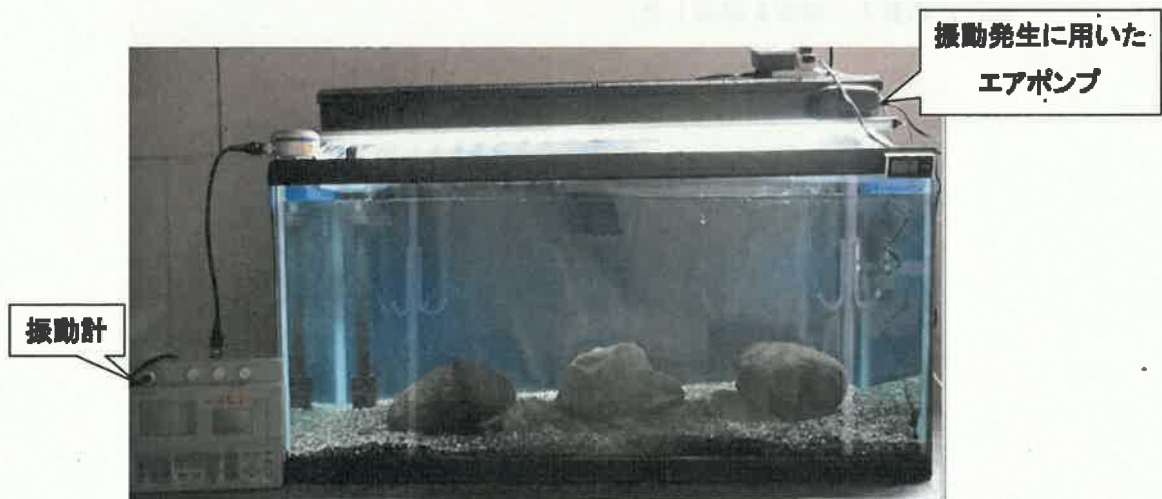


図4 振動実験風景

5.2 工事前2回目（照明）：実施日2月2日、水温17.6℃

表2 挙動観察の結果

項目	時刻	調査回	与えた負荷	アユモドキの挙動
照明	12:25~12:35	1回目	約0.2ルクス	1回目と2回目の間にライトを消したところ、石下に定位していた3個体が石下から出て泳ぎ出し、その他の個体も、石下で体の向きを変えるなど動きがあった。
	14:55~15:05	2回目	約0.2ルクス	
	17:00~17:15	3回目	約0.2ルクス	

※1 アユモドキは全個体が中央石下おり観察出来ない状況であったため、石を動かし隙間を作ったところ、2つの石の間の隙間に20個体定位した。

※2 アユモドキは、薄明薄暮性（日出・日入前後の時間帯に活発に活動する性質）で、昼間は物陰などに潜む生態を持つことから、暗闇状態で個体に動きがみられたと思われる。



図5 照明実験風景

5.3. 工事前3回目（振動・騒音）：実施日2月23日、水温17.5℃～18.5℃

表3 挙動観察の結果

項目	時刻	調査回	与えた負荷	アユモドキの挙動
振動	15:20～15:30	1回目	約51db	通常状態47dbから51dbとした直後にのみ同時に体を震わせるような動きをした個体があったが、直ぐに落ち着いた
	16:30～16:40	2回目	約51db	
	17:40～17:50	3回目	約51db	
騒音	11:40～11:50	1回目	約50～70db	目立った変化は無かった
	12:50～13:00	2回目	約50～70db	
	14:00～14:10	3回目	約50～70db	

※1 アユモドキ全個体が中央石下におり観察出来ない状況であったため、石を動かし隙間を作ったところ、中央石下の隙間に20個体が定位した。

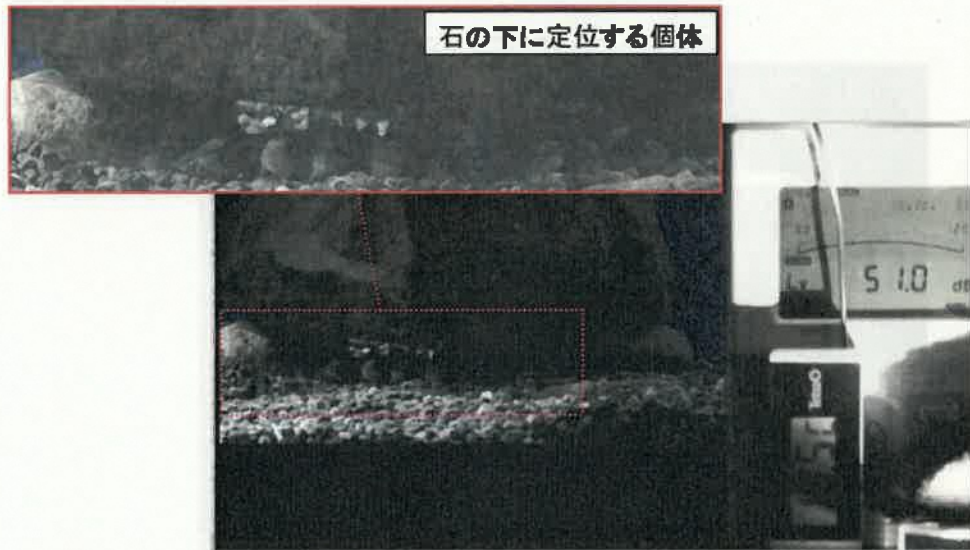


図6 振動実験風景

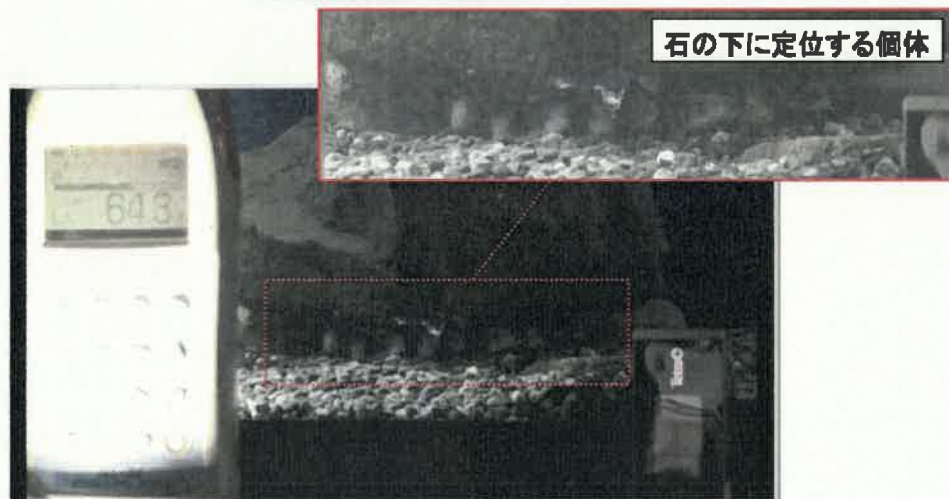


図7 騒音実験風景

6. 挙動観察の結果（工事中）

6.1 工事中1回目（振動・騒音）：実施日3月22日、水温18.5℃

工事中（10時45分～16時50分）に、水槽付近に騒音計、振動計を設置し、連続計測するとともに、水槽を常時ビデオ撮影し、アユモドキの挙動観察を行った。

表4 挙動観察の結果

項目	比較的大きな振動があった時刻	記録した負荷	アユモドキの挙動
振動	13:51:45	51.6db	目立った変化は無かった
	14:36:35	52.7db	
	15:26:55	54.4db(最大値)	
	15:51:55	51.8db	
騒音	11:50:55	58.7db	目立った変化は無かった
	13:23:25	59.3db(最大値)	
	14:58:35	54.4db	

※1 アユモドキは全個体が中央の石の下に定位していた。

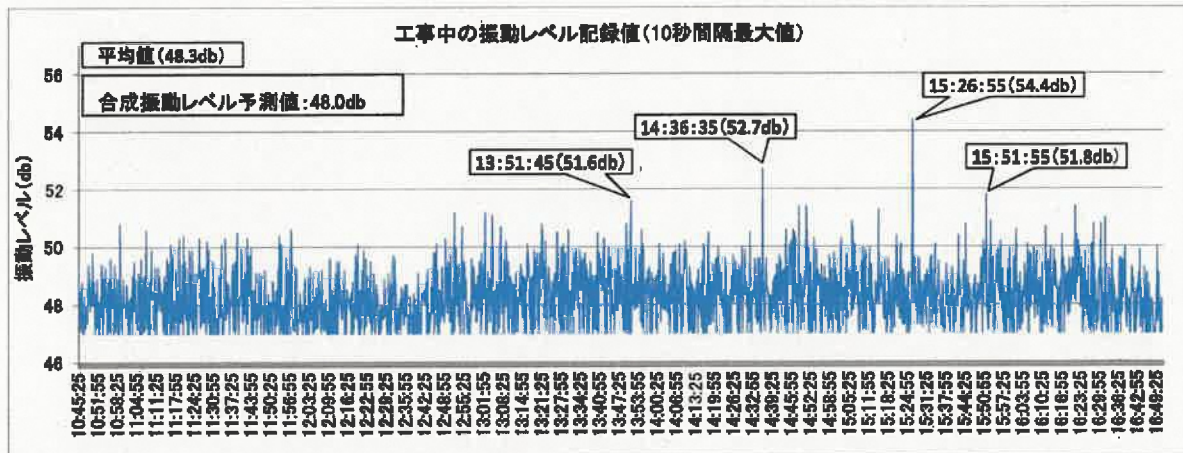


図8 工事中の振動レベル記録値(10秒間隔最大値)

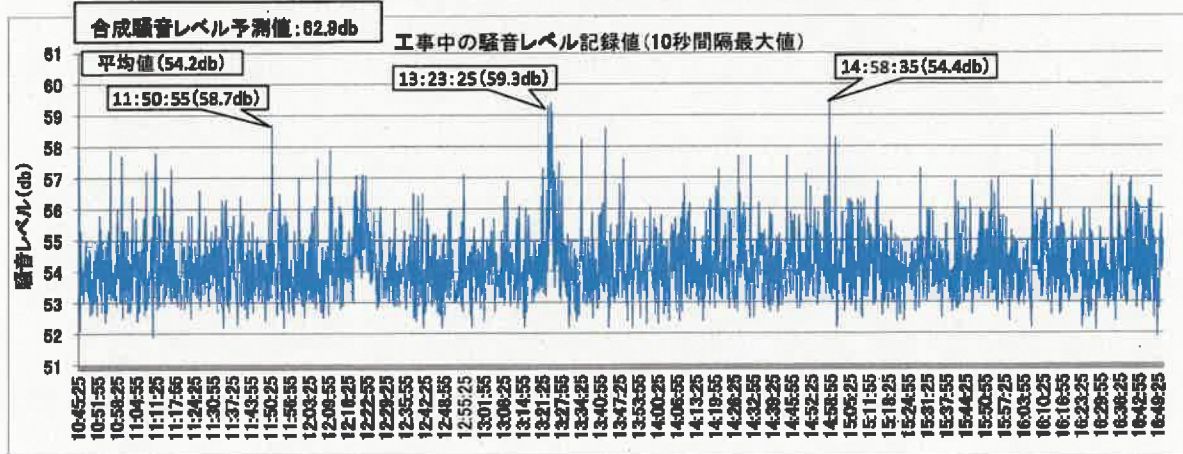


図9 工事中の騒音レベル記録値(10秒間隔最大値)



図 10 工事中1回目挙動観察風景（騒音・振動）

6.2 工事中 2 回目（振動・騒音）：実施日 4 月 28 日、水温 19.5℃

杭工事が最も観察場所に近づく 4 月下旬～5 月上旬のタイミングで、工事実施前～工事終了後（8 時 10 分～18 時 00 分）に、水槽付近に騒音計、振動計を設置し、連続計測するとともに、水槽を常時ビデオ撮影し、アユモドキの挙動観察を行った。

表 5 挙動観察の結果

項目	比較的大きな振動があった時刻	記録した負荷	アユモドキの挙動
振動	10:41:23	63.5db	目立った変化は無かった
	11:33:53	63.9db	
	13:29:13	67.1db(最大値)	
	13:37:03	63.7db	
騒音	8:53:18	71.5db	目立った変化は無かった
	13:10:38	69.6db	
	13:18:38	71.6db(最大値)	

※1 アユモドキは全個体が中央の石の下に定位していた。

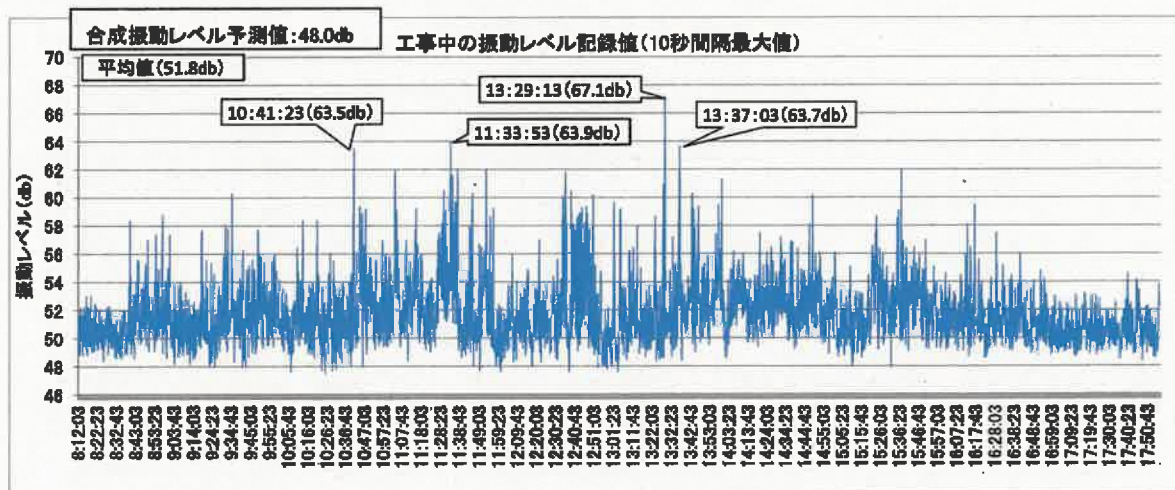


図 11 工事中の振動レベル記録値（10 秒間隔最大値）

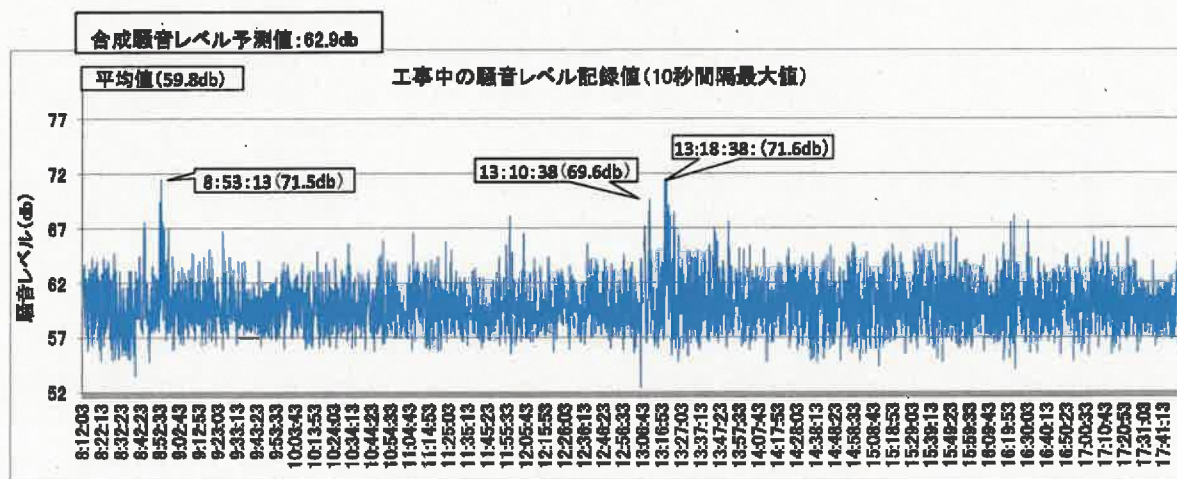


図 12 工事中の騒音レベル記録値（10 秒間隔最大値）

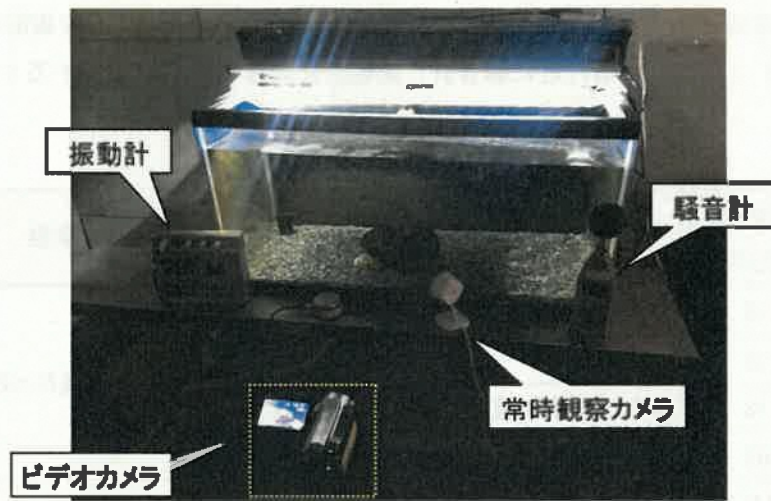


図 13 工事中 2 回目挙動観察風景 (騒音・振動)

7. 段階的照度に対する挙動の確認

段階的照度実験：実施日 4月28日、水温 19.5℃

夜間（18：30～21：00）に照度を段階的に強くしアユモドキ個体の挙動を観察するため、水槽付近に照度計を設置し、水槽を常時ビデオ撮影した。

表 6 挙動観察の結果

項目	時刻	与えた負荷	アユモドキの挙動
段階的 照度 実験	18:00～18:30	負荷無し	全個体が石の外で泳いでいた。
	18:30～19:00	約 0.2 ルクス	・18:30に0.2ルクスに変えた直後に、石の外へ出ていた10個体程度が石下に隠れた。 ・残りの10個体は石の外で泳いでいた。
	19:00～19:30	約 3.0 ルクス	・19:00に3.0ルクスに変えた直後に、石の外へ出ていた個体が石下に隠れた。 ・19:10頃に再び、10個体程度が石下から外へ出た。
	19:30～20:00	約 6.0 ルクス	・19:00に6.0ルクスに変えた直後に、石の外へ出ていた個体が石下に隠れた。 ・19:45頃に再び、10個体程度が石下から外へ出た。
	20:00～20:30	約 9.0 ルクス	・20:00に9.0ルクスに変えたが、10個体程度は外へ出たままであった。
	20:30～21:00	約 12.0 ルクス	・20:30に12ルクスに変えたが、10個体程度は外へ出たままであった。
	21:00～21:30	約 15.0 ルクス	・21:06に全個体が石の外へ出た。

<結論>

- ・ 0.2ルクスから3.0ルクスに変えた直後に個体が石下に隠れたことから、3.0ルクスの照度を忌避したと考えられる。
- ・ 19:00に再び10個体程度が石下から外へ出たことから、一定程度の時間が経過すると、アユモドキが3.0ルクスの照度に順応したと考えられる。6.0ルクスを照射した実験でも同様のことが起こった。
- ・ 9.0～15ルクスを段階的に与えた結果から、9.0ルクスを与えた時点でアユモドキは照度に対して順応しているものと考えられた。

8. 振動からの忌避行動の確認

振動からの忌避行動の確認実験：実施日 5 月 10 日、水温 19.8℃

振動からの忌避行動を確認するために、水槽付近に振動計を設置し連続計測するとともに、水槽を常時ビデオ撮影し、アユモドキの挙動観察を行った。実験方法の詳細を以下に示す。

なお、実験は上部の LED ライトを付けたまま（通常状態）で行う。

- ①同じ大きさの石を 2 個追加し、左、右、中央の 3 箇所に置き、石下に同じ大きさの隠れ場をつくる。
- ②2 時間程度経ち、個体が落ち着いた時点で、水槽の左上に振動元（エアポンプ）を置き、10 分間振動を与えて、石下の個体が忌避するか観察する。
- ③水槽の右上に振動元を置き、②と同様の実験を行う。
- ④水槽の中央に振動元を置き、②と同様の実験を行う。

表 7 挙動観察の結果

項目	時刻	調査回	与えた負荷 と振動元位置	アユモドキの挙動
振動	12:55~13:05	1 回目	約 50db (右上)	<ul style="list-style-type: none"> ・振動を与える前は、左石下に 5 個体、中央石下に 5 個体、右石下に 10 個体が定位していた。 ・振動を与えても個体の挙動に変化は無かった。
	13:15~13:25	2 回目	約 50db (左上)	<ul style="list-style-type: none"> ・振動を与える前は、左石下に 6 個体、中央石下に 11 個体、右石下に 3 個体が定位していた。 ・振動を与えている中、13:24 に右石下の 1 個体が中央の石下に移動した。
	13:35~13:45	3 回目	約 50db (真ん中)	<ul style="list-style-type: none"> ・振動を与える前は、左石下に 6 個体、中央石下に 6 個体、右石下に 8 個体が定位していた。 ・振動を与えている中、13:44 に右石下の 1 個体が中央の石下に移動した。
	13:55~14:05	補足	約 65db	<ul style="list-style-type: none"> ・右上に振動元であるエアポンプを 2 個置いて、より大きな振動を与えて補足的に実験した。 ・その結果、個体の挙動に変化は無かった。

<結論>

予測された合成振動レベル 48dB 付近の 50db やより大きな 65db の振動を与えた結果、アユモドキ個体の振動元からの忌避行動は確認されず、実験中に振動元に近い方へ寄るなどの行動もみられたため、本実験ではアユモドキに対する振動の影響は明確に出なかった。

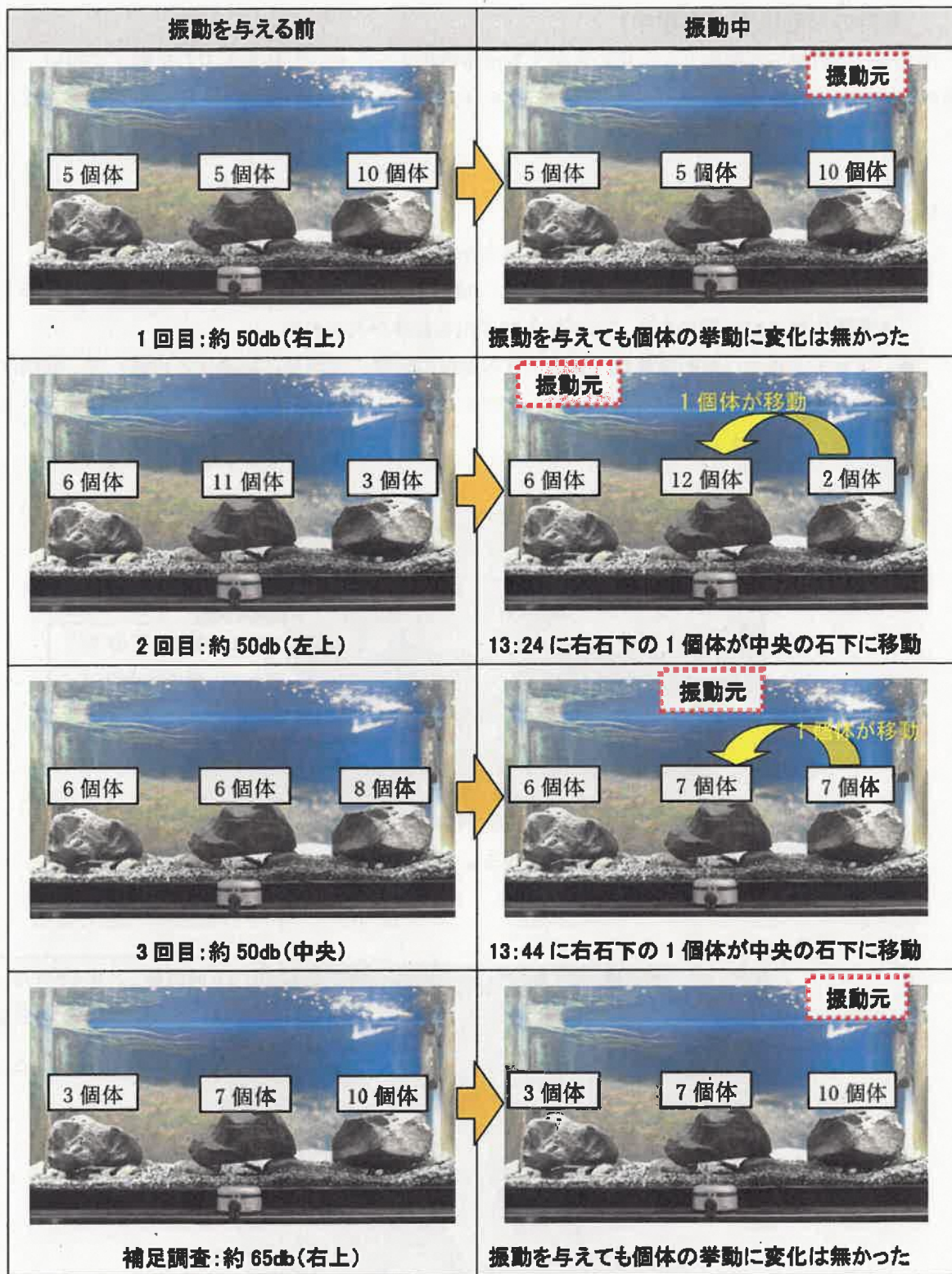


図 14 忌避行動実験の結果

9. 常時の挙動観察（工事中）

杭工事の試験施工が終わり、3月からが工事が本格化するため、5月末までの杭施工期間中、水槽内のアユモドキを常時観察するために、3月6日にブラウザ上で閲覧できる観察カメラを設置した。

9.1 常時観察の結果

- ◆ 昼間は中央の石の下に定位していることが多い。
- ◆ スタジアム工事の有無に関わらず、18:00に水槽のLEDライトが消灯すると、アユモドキ個体の動きが活発になり、石下から泳ぎ出る個体が見られた。
- ◆ アユモドキは、薄明薄暮性（日出・日入前後の時間帯に活発に活動する性質）で、昼間は物陰などに潜む生態を持つことから、LEDライト消灯後に、摂餌行動などのために動きが活発になったと思われる。



図 15 常時観察の映像（LEDライト点灯中）2018.3.22 17:00



図 16 常時観察の映像（LEDライト消灯後）2018.3.22 18:00

10. 今後の予定

- ◆ 挙動観察終了後は、アユモドキを亀岡市役所の水槽に戻す。