



閉鎖系水域における
マイクロナノバブルを用いた水質浄化
~大阪城の堀の浄化実験~
(2019年度)

(株) ポエマ

〒532-0035大阪市淀川区三津屋南3丁目17番30号

TEL 06-6195-2145 FAX 06-6195-2147

目次

1. はじめに	2
2. 実験目的	2
3. 実験日程	2
4. 実験地点	2
5. 調査・実験方法	3
5.1 評価区域の設定・監視方法	
5.2 水・底泥の採集及び調査方法	
6. 実証実験に使用した機器とマイクロナノバブルの性質	4
6.1 使用したマイクロナノバブル発生装置	
6.2 マイクロナノバブルの性質	
7. 大阪城東外濠の水および底泥の特性調査結果	7
7.1 水・底泥の採集場所	
7.2 観測データ測定結果	
8. 大阪城東外濠の底質挙動の観察	11
9. まとめ	16
10. 今後の展望	16

参考文献

I. はじめに

大阪城東外濠では毎年トライアスロン大会が開催され、スイム場所として使用されている。大阪城の東外堀では、落ち葉が堆積しヘドロ化していることで水質が悪化している。水質改善の為、高度処理水を放流して遊泳の水質基準は満たしているが、より快適な水質へと改善対策が望まれている。水質の悪化は、底質のヘドロからの硫化水素発生やリン溶出が原因のひとつとなっている。

水質を改善するには水底に堆積しているヘドロを無くす必要がある。これらのヘドロ対策の一つとして、浚渫による除去、覆砂による閉じ込めが考えられるが、これらは、費用が数億円規模となる。

本実証実験ではトライアスロンでのスイム場所となっている大阪城東外濠を対象とし、マイクロナノバブル水によるヘドロ減少化を試みた。今回の実証実験では現場のヘドロの減少を水中カメラによる逐次映像観測と汚泥分析調査を通じて、マイクロナノバブル水を用いたヘドロの減少の可能性を評価した。特に現場調査ではヘドロ成分の時間的变化と、限られた閉鎖空間でヘドロの減少に着目した。実験開始後から1ヵ月毎の底質及び水質の変化を詳細に分析し、底質の変化を撮影した。

2. 実験目的(概要):

本実証試験は、水質悪化を原因から解消するためマイクロナノバブル発生装置を用いて、

- (1) 水質悪化の原因となる汚泥等を削減できることの実証
- (2) 大阪城トライアスロン大会で用いた水質改善システムとの比較を行い、その効果の検証を行うことを目的とする。

3. 実験日程:

令和元年 5 月 27 日～9 月 9 日

4. 実験地点:

大阪城公園東外濠 南側

(備考) 当区域近傍では、トライアスロン大会開催に向け、圧力溶解式のマイクロナノバブル発生器による水質改善の実証実験を 2018 年から実施している。

5.調査・実験方法

5.1 評価区域の設定・監視方法

大阪城東外濠の南側に 7x7mの区域を評価区域に設定し、マイクロナノバブル水の拡散を防ぐ為に、水中カーテンを設置した。尚、水中カーテンの高さは濠の深さ 2.5 mに対して 2.0mとし上部は水面下になるよう設置した。このカーテンの高さは、公園の景観上水面上に枠が見えることを避ける為設定したものであり、枠の上部から水面までの水域は、枠内と枠外で循環し混ざり合っている。

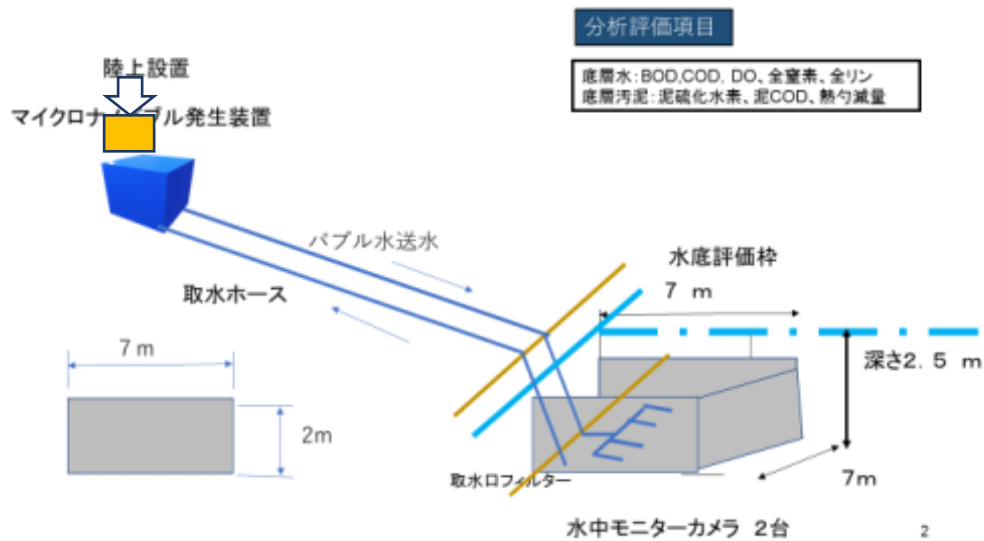


写真1 実証試験概要図

5.2 水・底泥の採集及び調査方法

中層部の水及び底泥を潜水により採集した。①は対照区、②はトライアスロン大会実証試験、③を当実証試験での採水・採泥とした。

採集した水は分析センターに持ち込み、BOD, COD, 全窒素、全リン及びDOを計測した。底質汚泥については汚泥硫化水素、汚泥 COD、熱灼減量について測定した。



写真2 採水・採泥位置

6. 実証実験に使用した機器とマイクロナノバブルの性質

6.1 使用したマイクロナノバブル発生装置

マイクロナノバブル発生装置は、4列の微細孔式バブル発生部を有しており、底質に投入する酸素量を増やすために酸素発生器を装備した。

株式会社西研デバイズ 特許製品

特許番号:5885376、5761951、5665392



表部 制御盤と酸素発生器

裏部 BAB 発生部配管類

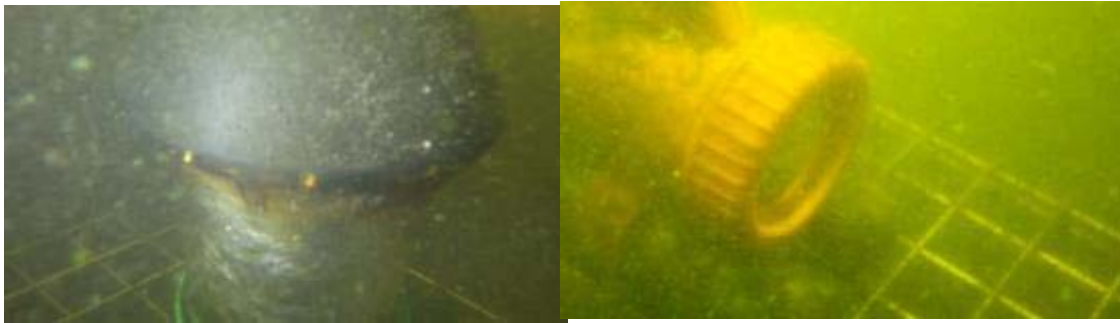
写真3 マイクロナノバブル発生装置

主要な仕様は下記の通りである。

主装置構成	： マイクロナノ発生部 、酸素発生器 、 ポンプ 、制御盤		
付帯機能	： WI-FI通信による遠隔操作、水中カメラ監視システム		
処理能力	： 酸素発生器 4NL/min 、 ポンプ 0.08m ³ /min		
電力消費量	： 酸素発生器 400W 、 ポンプ 250W 、		
	ファン他 150W	合計	800W
重量	： 360kg		
外形寸法	： 1.1m x 1.3 m x 高さ 1.3m		
バブル放出部	： 40Aサイズ 4連方式		

実験装置はパソコンで制御でき、WI-FI 通信でインターネット経由で離れた場所において作動状況を監視することができる。また評価枠内部に取り付けた水中カメラ映像をインターネットを経由して 24 時間監視でき、評価枠内の変化・挙動を把握できる。

水中カメラは写真4に示すように枠内部に 2 台設置して評価枠内を監視した。



カメラ 1. 回転式

カメラ 2. 一方向照射

写真4 水中カメラ配置

また、パソコンの WEB カメラで、流量計数値をモニターして水流の状況変化を監視した。大体 100L/分の流量があり、24 時間監視しておくことで、装置の異常を把握できる。



写真5 流量計モニター

6.2 マイクロナノバブルの性質

微細孔式マイクロナノバブル発生器から放出されるバブルの粒径分布は図1の通り、 $0.5\mu\text{m}$ ～ $5\mu\text{m}$ バブル径範囲の中に分布している。(縦軸左は濃度(積算)と右は濃度(頻度))

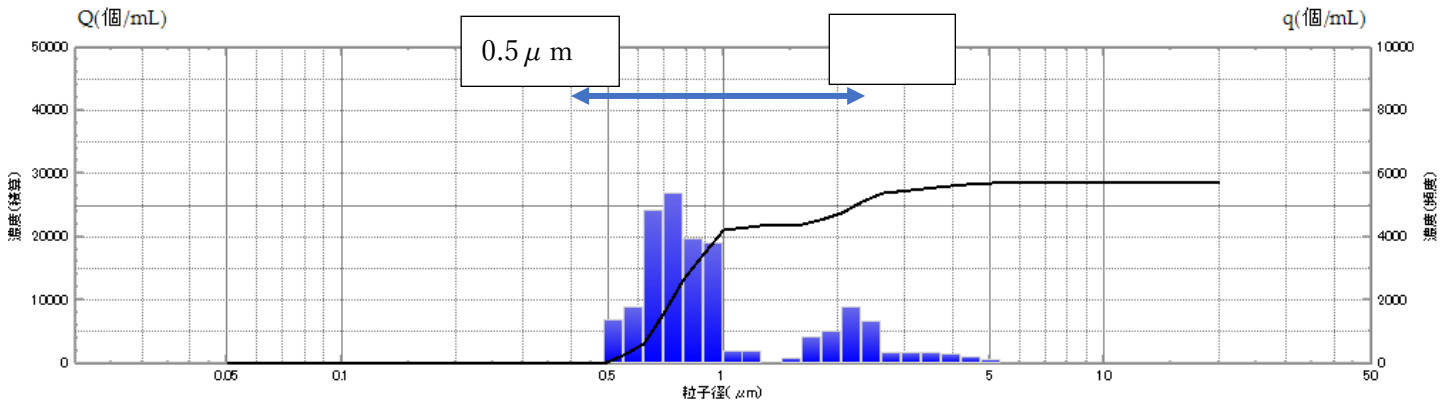


図1 マイクロナノバブル粒子径分布
(島津製作所 SAID-7500 にて計測)

マイクロナノバブルが底質に存在する好気性細菌を活性化することで、ヘドロの有機成分を効率的に分解し、蓄積しているヘドロが減少することが予想される。特に季節的に春から秋までの水温が高い時期に、この活動が促進されると考えられる。

6.3 マイクロナノバブル発生のおしくみ

今回使用したマイクロナノバブル発生方式は、超微細孔方式と呼ばれる方法でバブルを発生させている。

このバブル発生方式は省電力でコンパクトに機器を製作できるのが特徴である。



写真6 マイクロナノバブル発生部
(今回は、この発生部が4連式を採用した)

7. 大阪城東外濠の水および底泥の特性調査結果

7.1 水・底泥の採集場所

5月27日に、試験前の水質・底質のデータを調査する為に、

- ① 比較対照区
- ② トライアスロン大会実証試験区(マイクロナノバブル水を直接水中に注入しており、拡散を防止する区域内に注入する当実証実験と異なっている)
- ③ 採水・採泥区(当実証試験の評価区域で採水・採泥を行い特性の分析を実施した)



写真7 水・底泥の採集場所

7.2 観測データ測定結果

試験開始後の1ヵ月後、2ヵ月後及び3ヵ月後の同じ3箇所での採水及び採泥を実施し特性の分析を実施した。

表① 水質及び底質分析データ

NO	項目	単位	国際トリアスロン協会基準値	5月27日			7月1日			8月8日			9月9日		
				場所1	場所2	場所3	場所1	場所2	場所3	場所1	場所2	場所3	場所1	場所2	場所3
1	水温	°C	32°C以下	26	28	26.6	-	-	-	32	31.8	31.8	29.5	29.6	29.6
2	COD	mg/L	-	5.1	4.3	4.6	6.9	6.7	7.7	6.4	6.6	6.1	9.8	10	9.7
3	DO	mg/L	-	11.3	11.6	10.6	10.6	10	10.1	11.3	9.8	9.8	13.4	13.3	12
4	全窒素	mg/L	-	0.46	0.41	0.46	0.87	0.93	1	0.69	0.72	0.93	1.1	1.1	1.2
5	全磷	mg/L	-	0.043	0.045	0.042	0.076	0.083	0.1	0.097	0.11	0.12	0.11	0.11	0.12
6	BOD	mg/L	-	1.8	0.4	1.8	4.2	2.6	3.5	1.9	2.3	2.6	1.8	1.9	2.1
7	底質硫化水素	mg/g	-	0.24	0.28	0.26	0.28	0.18	0.076	0.46	0.2	0.1	0.65	0.19	0.16
8	底質COD	mg/g湿泥	-	3.3	3.5	3.7	3.1	2.2	0.7	2.9	2.4	0.8	2.9	2.5	1
9	熱勺減量	%	-	18	14	19	20	12	3.6	23	19	13	18	15	13

試験開始後、1ヶ月を経過した時点で場所3(③当実証試験)の底質中では底質CODが当初の10~30%程度まで改善されており、ヘドロ有機成分が効率的に分解されていることが分かる。このことは底質熱勺減量も低下したことから確認できる。また、底質硫化水素も大きく減少する傾向が示され、底質内が嫌気的条件から好気的条件下に転換されたものと考えられる。2~3ヵ月後の数値は採集試料のバラツキ及び季節的要因の影響を受けて1ヵ月後よりもやや高値を示したが、上述した傾向は3ヵ月後まで確認された。

水質については、水中カーテンが上部は開放状態であり、評価枠内と枠外で循環してほぼ同程度の数値となっている。

また、場所2(②トリアスロン大会実証試験)の底質硫化水素データが減少しているのは、大阪府トリアスロン協会が実施していたマイクロナノバブル実験の影響と推察するが、その他の項目では明確な改善傾向は認められなかった。

① 低層水 COD

低層水 COD は、季節要因 即ち 6 月から 9 月にかけていずれの場所でも上昇している。

評価対象の場所 3 でも上部が開放していることから水は混ざり合い、COD データは 3 ヶ所ともほぼ同じであった。

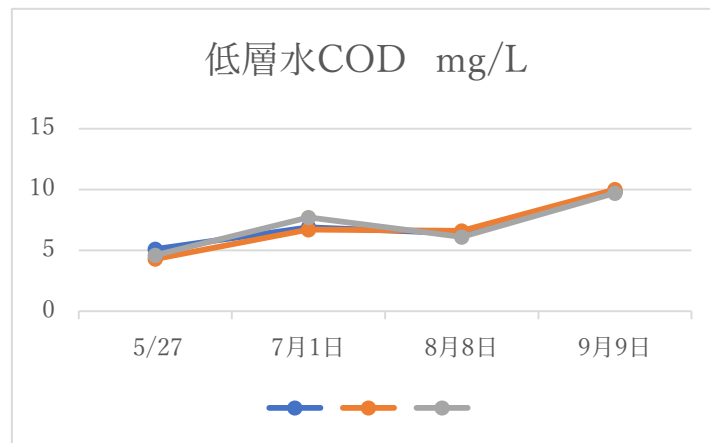


図2 低層 COD

② 汚泥硫化水素

場所 1(①評価対象外)では、季節的要因で上昇している。

場所 2(トライアスロン大会実証試験)は、マイクロナノバブル水の影響を受けて 5 月 27 日から上昇は抑えられ数値は下がっている。

場所 3(当実証試験)では、実験開始後 1 ヶ月の 6 月で低減していて、7 月、8 月は季節要因の影響でやや上昇したが、初期値、場所 1 及び場所 2 よりは低値となった。

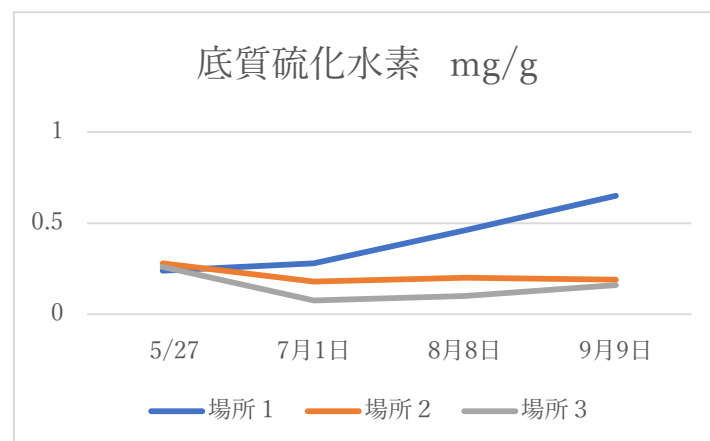


図3 底質硫化水素

③ 汚泥 COD

場所 1(評価対象外)では、水質 COD のような季節的要因での上昇はなく、やや低減の傾向である。

場所 2(トライアスロン大会実証試験)は、マイクロナノバブル水の影響と思われる低減が見られる。

場所 3(当実証試験)では、6月の1ヶ月で大きく低減し、7月、8月の期間この状態を維持している。

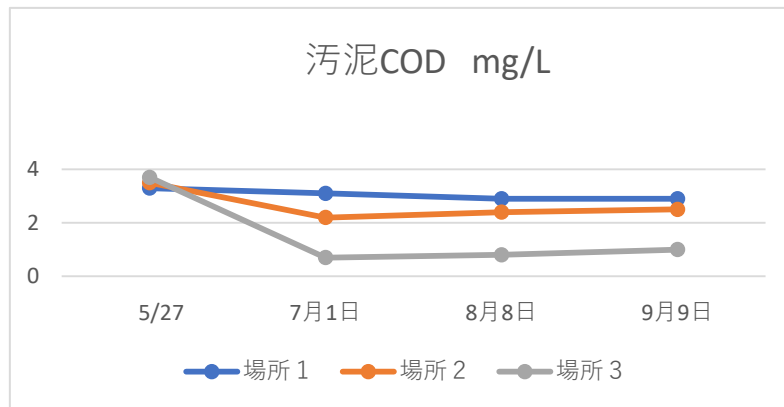


図4 汚泥 COD

④ 熱勺減量

場所 1(評価対象外)では、6月、7月と少し上昇し、8月に低減した。数値的には初期と同等であった。

場所 2(トライアスロン大会実証試験)は、最初1ヶ月で低減したが7月、8月では少し上昇傾向を示している。数値的には初期と同等であった。

場所 3(当実証試験)では、1ヶ月での低減は大きいですが、7月、8月ではやや上昇傾向を示した。また数値的には初期からは低減している。

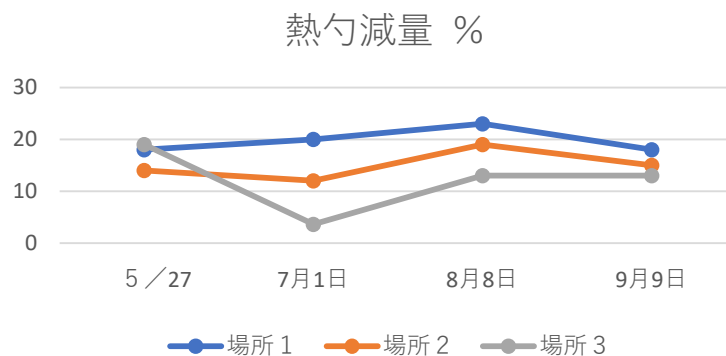


図5 熱勺減量

8、大阪城東外濠の底質挙動の観察

写真8に示すように評価枠内にタイプの異なる水中カメラを2台配置して、底部の変化をインターネット回線により離れた事務所にてモニターできる観測システムとした。

然しながら、東外濠の透明度は試験期間中、視野的には1mもなく、水中は常に濁っていた。

水質の濁り具合によっては、カメラ1及び2では殆ど底の状態が視認できない日もあった。

2018年に阿蘇海で実施したときは比較的鮮明に海底が視認できていたが、淡水である東外濠ではわずか数十センチ離れた底質変化でも遠隔監視やモニターはできなかった。この際、遠隔監視は、流量計の監視と機器類が正常作動していることの確認に使用した。

カメラ 1. 360度視野を確保



少し底表面がみえるが不鮮明



カメラ2. 1方向カメラ視認度が高感度



目印棒の間隔は20cm



写真8 カメラ1及び2の撮影写真

今回は、1ヵ月毎に潜水夫により、底質状態の変化を撮影した。
試験開始前の底質は、写真9の如くヘドロ特有の粘着性の表面状態であった。



写真9 試験開始前の底表面状態写真



写真10 実験開始から1ヶ月経過

写真⑩は試験開始から1ヶ月経過したのちの様子であり、粘性土状態の表面のヘドロ状態からそれらが分解され、砂利状態に変化しているのがわかる。

表1の場所3で 7月1日欄のデータは、このような箇所から採水・採泥し分析した結果であり、目視の結果と成分検査の数字が矛盾なく説明できることが分かる。具体的には、異臭の原因となる泥硫化水素は1/3以下に減少し、泥 COD、熱勺減量と有機物のヘドロがあることを示す数値も1/3～1/5に減少している。

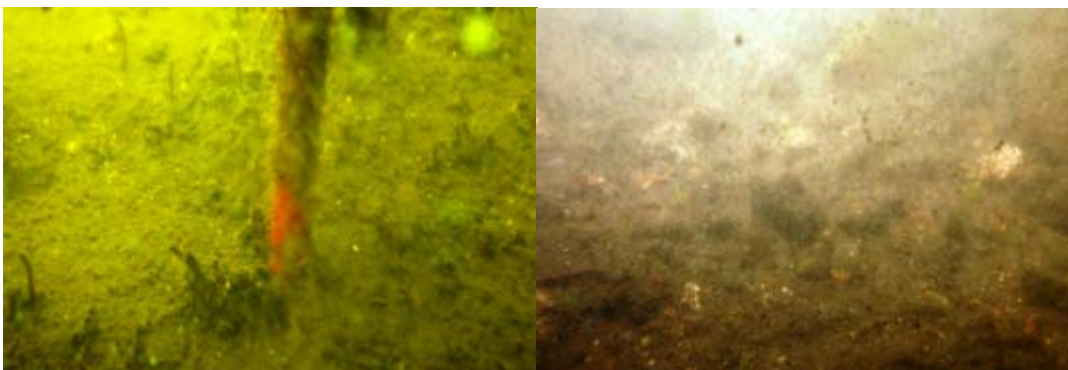


写真11 2ヶ月経過 ヘドロの減少顕在化

さらに、1ヶ月経過した評価枠内の底表面が写真11である。底質は砂利状になっており、水生植物の芽らしきものも見えている。このとき底質の分析結果も1ヵ月後のデータと同程度の数値となっている。即ち、ほぼ1ヶ月で底質は改善出来、以降はこの状態が維持されているものと考えられる。

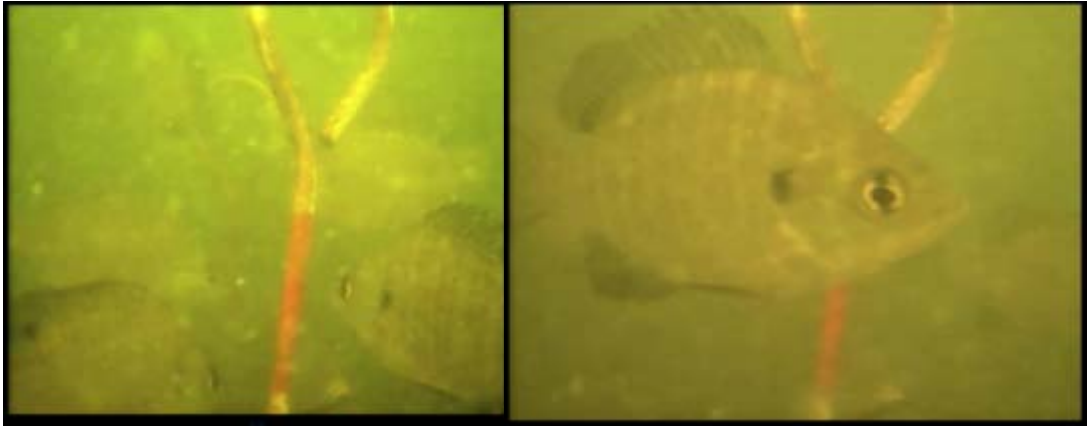


写真12 評価枠内を遊泳する魚類

写真12は試験期間中に評価枠内でえさを求めて遊泳する魚類である。枠内は酸素量が多く含まれた場所でもあり、魚類も集まりやすい状況にあった。潜水夫の目視によれば、評価枠内と枠外では遊泳する魚の数は明らかに違い、枠内は多くの魚が泳いでいたことが確認された。

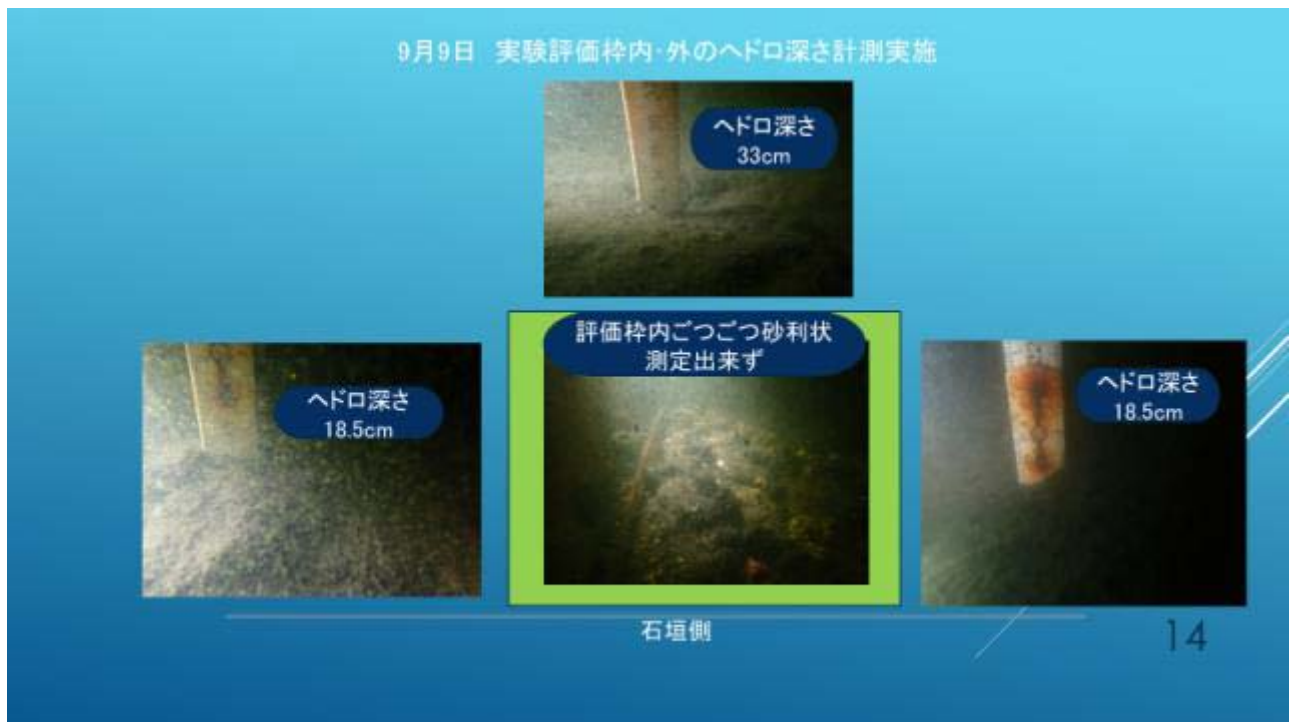
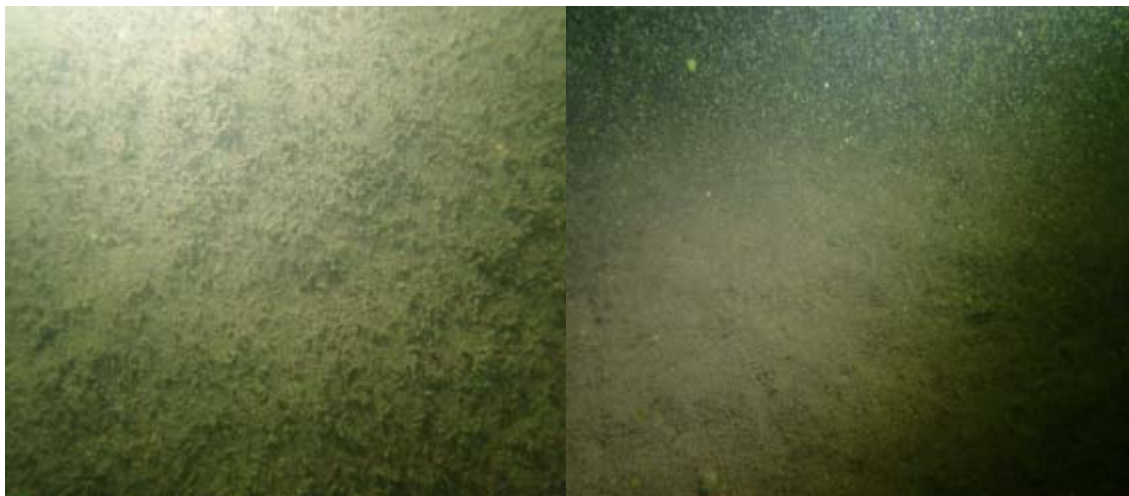


写真13 評価枠外と中のヘドロ深さ測定(3ヶ月経過後)

3ヶ月を経過した時点で、直尺によりヘドロ深さを計測した。枠の左右では18.5cm、堀中央側では33cmヘドロが堆積していた。評価枠内では砂利状で直尺が自立する状態ではなかった。即ち、18.5～33cm深さのヘドロの有機成分が評価枠内では著しく減少したと考えられる。

実験開始後、3ヶ月時点での、評価枠内と枠外の底表面状態を写真14に示す。



評価枠外 左側

評価枠外 沖側



評価枠内の底質状態、石ころ・砂利

写真14 評価枠内3ヶ月経過後の底質状態

3ヶ月を経過しても、評価枠外はオリジナルの状態そのまま、マイクロナノバブル水の効果は出てない。一方、評価枠内では、1ヵ月経過後と殆ど変わらない底質状態となっており、砂利状態であった。

9.まとめ

大阪城東外濠において上部開放型閉鎖的枠内でマイクロナノバブル水によるヘドロ減少の実証実験を実施した。

(1)底層ヘドロは軟質状態からマイクロナノバブル水の効果が出て、1ヶ月を経過すると砂利状態に変わっていった。

(2)3ヶ月を経過すると評価枠内7m x 7mの範囲で深さ18~33cmあったヘドロはほぼ完全に分解し、著しい減少がみられた。大阪城トライアスロン大会で用いた水質改善システムでの評価は場所2のデータとして示したが、泥硫化水素の減少はみられるが開放された場所での試験であったため減少量は評価枠内に比べ少なかった。

(3)水質については、混ざり合う開放系であったことから評価対象外、大阪城トライアスロン大会で用いた水質改善システムでの評価、及び本実証実験装置での評価域で明確な差異はみられなかった。

(4)今回、水中カメラ台設置して、変化を監視する予定であったが、水質の透明度が悪くカメラ視野が極端に狭くなり監視が難しい季節もあった。

10. 今後の展望

今回のマイクロナノバブル水による閉鎖系水域でのヘドロの減少化の試みでは、定量的にもヘドロの層が減少したことを確認できた。これらの結果から、下記の知見を得た。

(1)マイクロナノバブル水は底質ヘドロ分解に有効であり、表面にできるだけ近くに放流すると効果が出やすい。

(2)マイクロナノバブル水とヘドロは、バブルが滞留しやすい条件が効果を促進する。

2018年は汽水湖の阿蘇海、今年は淡水池の東外堀にて実証実験を行ってきた。2020年は、河川でのヘドロ減容実証実験を計画し、水流のある場所でのマイクロナノバブル効果を検証する予定である。

以上

参考文献:

- (1)新型の超微細気泡(ナノバブル) 発生装置を利用した湖沼浄化実験
立命館大学生命科学部 教授 今中忠行
<http://www.ritsumei.ac.jp/lifescience/skbiot/imanaka/nanobabble.pdf>
- (2)環境省 水,大気環境局:底質検査法,4 節一般項目,2012.
- (3)ナノバブル水による汽水湖阿蘇海溝尻沖合におけるヘドロ減少化の試み
NPO法人 エコデザインネットワーク 水質浄化部会

無断転載を禁ず