

# 水力資源有効活用技術開発調査(ダム湛水池の水質改善技術開発調査)実施結果概要

## 1. 試験目的

水力発電所用ダム湛水池では富栄養化した河川水が流入することにより、夏季において恒常的にアオコ等の発生が生じているが、貯水池内の水質改善に有効と考えられる流入河川水の浄化対策として、護岸等に人工ゼオライトを敷設するなどの改造を加えた場合の流入河川水の水質改善効果を調査し、ダム流入河川水の水質浄化対策の一方法として取りまとめたものである。



図1. 現地調査試験位置図

## 2. 試験概要

試験を実施したのは岡山県内の養豚場であり、その位置を図1に示す。試験水路の状況を図2~5に、水路内に敷設した材料を表1に、各ケースの条件を表2に、また、水質測定の詳細を表3、4に示す。

試験水路は、硝化槽(人工ゼオライトを敷設、底層から曝気)、脱窒槽(人工ゼオライトを敷設)、脱窒槽(石炭灰造粒物を敷設)、吸着槽(陰イオン交換体(NLDH)を敷設)の各槽が直列に連なり、導水された養豚場排水がそこを通過する仕組みである。各槽の間で一定頻度(2回/月程度)で水質を分析し、水質改善効果を調査した。

試験は、2005年度は10月から翌年(2006年)1月、2006年度は6月から翌年(2007年)2月まで実施した。なお、2006年度の試験を開始するにあたり6/9現地確認したところ、目詰まりによる通水障害が起こっていたため、人工ゼオライト等を洗浄し6/28に復旧した(復旧後の最初の採水は6/29)。

通水条件は2カ年度にわたり同じである。植栽は当初ヨシとする予定であったが、2005年度は試験開始が秋となったため秋でも活着力のあるクレソンとし、2006年度にはヨシの植栽とした。

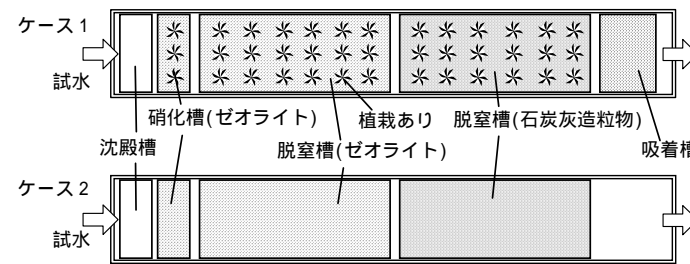


図2. 試験水路概要図

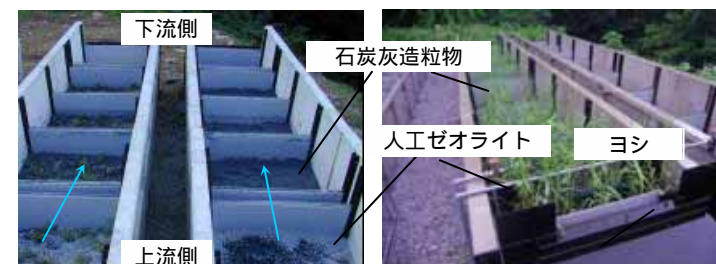


図3. 試験水路状況図(2005.10.18撮影)

図4. 植栽状況図(2006.7.24撮影)

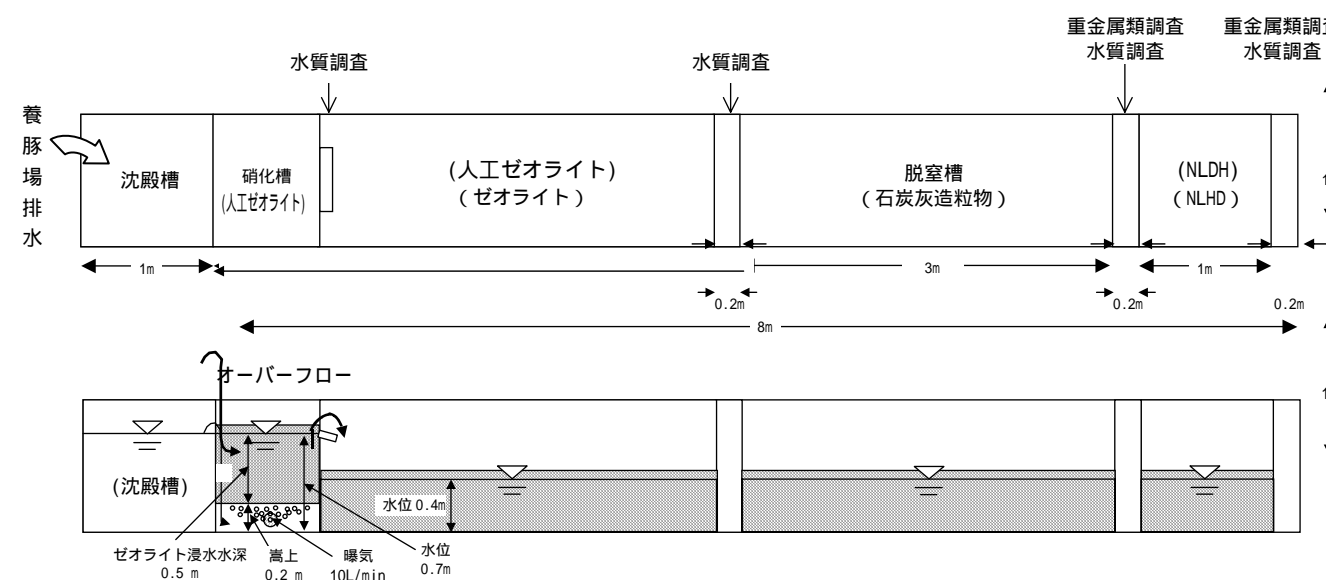


図5. 試験水平面図(上), 縦断面図(下)

表1. 敷設材料

材料名	敷設日	備考
人工ゼオライト (CEC: 89meq/100g)	2005.10.13	2006.6.28 洗浄
石炭灰造粒物	2005.10.13	"
陰イオン交換体(NLDH)	2005.9.30	"
【植栽】ヨシ	2006.6.28	

陽イオン交換容量(CEC)は中国電力(株)のデータによる

表2. 各ケースの条件

	ケース1	ケース2
植栽	植栽あり	植栽なし
排水流入量	120L/日	120L/日
(単位断面あたり流量)	5L/時=0.08L/min (300L/日/m <sup>2</sup> )	5L/時=0.08L/min (300L/日/m <sup>2</sup> )
硝化槽内ゼオライト(浸水容量)	200L	200L

表3. 水質分析項目

水質	【重金属】
pH	カドミウム
BOD	全シアン
COD	鉛
SS	六価クロム
DO	ヒ素
T-P	セレン
PO <sub>4</sub> -P	ホウ素
T-N	フッ素
NH <sub>4</sub> -N	(ゼオライト)
NO <sub>2</sub> -N	陽イオン交換容量(CEC)
NO <sub>3</sub> -N	アノニア吸着量

表4. 水質分析実施日

採水実施日	原水	硝化槽, 脱窒槽 吸着槽の通過後	吸着槽通過前後 【重金属】	CEC アノニア吸着量	備考
2006.6/16					目詰, 通水無
6/29					
7/6					
7/13					
7/20					
7/27					
8/3					
8/17					
8/31					
9/14					
9/28					
10/12					
10/26					
11/9					
11/22					
12/7					
12/21					
2007.1/4					
1/18					
2/5					

## 3. 試験結果と考察

### (1) 人工ゼオライトの水質浄化機能

#### a. 水質改善効果

人工ゼオライトを敷設した水路における水質改善効果として以下の事項が挙げられる。

- 硝化槽における酸素供給が大きく(図6)、有機物の酸化分解の促進が行われた後、脱窒槽(人工ゼオライト)を通過する中で酸素が消費され、嫌気環境に移行し、脱窒が促進されていることが想定される。
- 有機汚濁指標のBOD, CODは、硝化槽~脱窒槽(人工ゼオライト)を通過後、巨視的には大きく濃度低減しており、有機物の酸化分解および脱窒による有機物の低減が確認される。(図7, 図8)

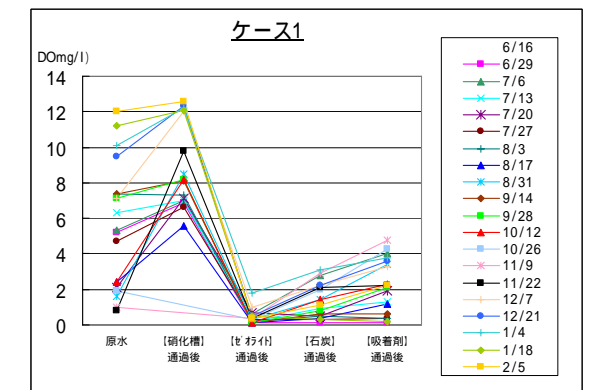


図6. DOの変化(ケース1:植栽有)

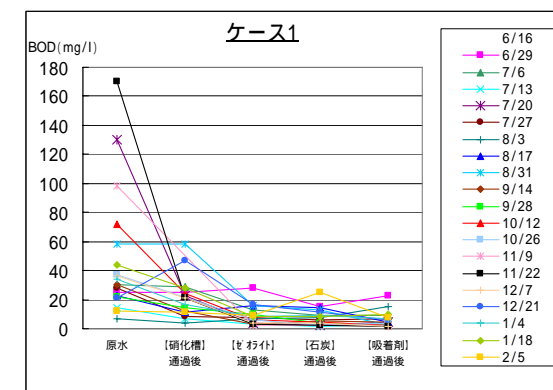


図7. BODの変化(ケース1:植栽有)

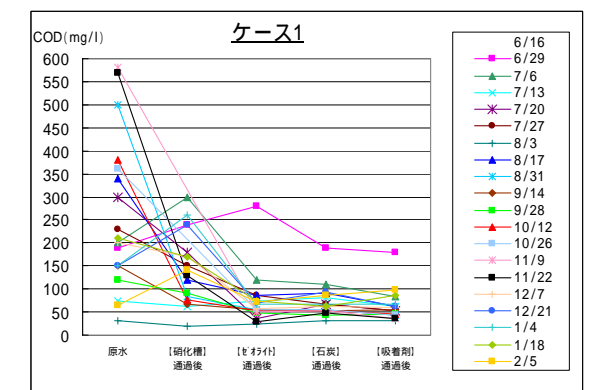


図8. CODの変化(ケース1:植栽有)

- 窒素(T-N)の低減, アンモニア態窒素(NH<sub>4</sub>-N)の人工ゼオライト通過後の低減がみられた。また、硝酸態窒素(NO<sub>3</sub>-N)の硝化槽通過後の濃度上昇と脱窒槽通過後の濃度低減が見られた。このことと、先に述べたDOの挙動からも、硝化・脱窒が促進されている状況がうかがえた。(図9~図16)
- 人工ゼオライトの効果と考えられるリン(T-P)の低減が見られた。(図17~図20)

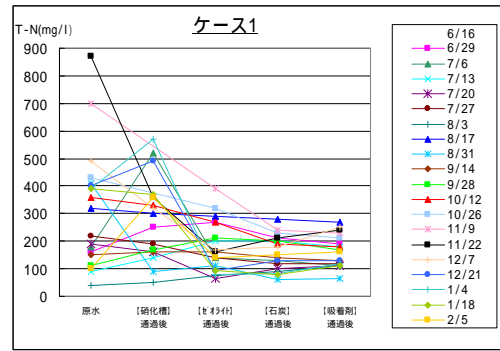


図9. T-Nの変化(ケース1:植栽有)

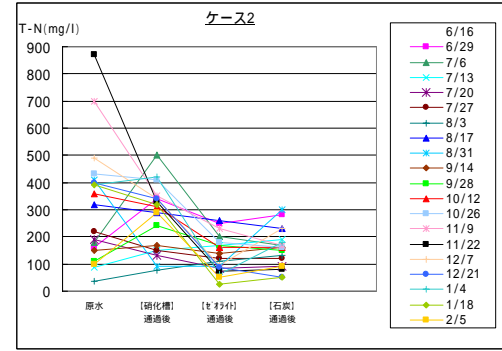


図10. T-Nの変化(ケース2:植栽無)

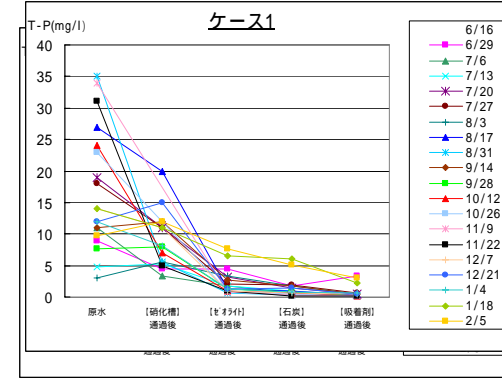


図17. T-Pの変化(ケース1:植栽有)

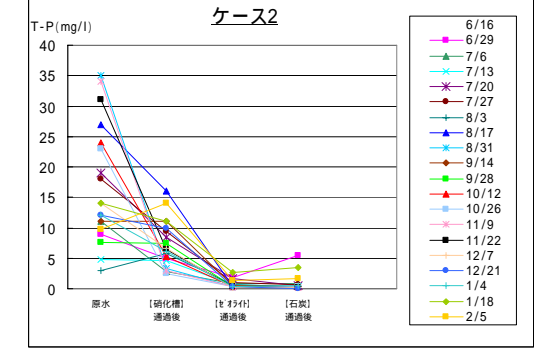


図18. T-Pの変化(ケース2:植栽無)

硝化槽において  
 $\text{NH}_4^+$   
 $\text{O}_2$ (曝気)  
 $\text{NO}_2^-$   
 $\text{O}_2$ (曝気)  
 $\text{NO}_3^-$

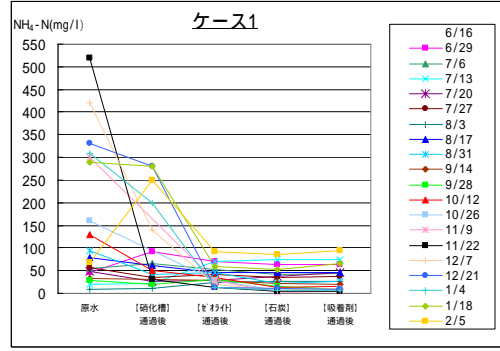


図11.  $\text{NH}_4\text{-N}$ の変化(ケース1:植栽有)

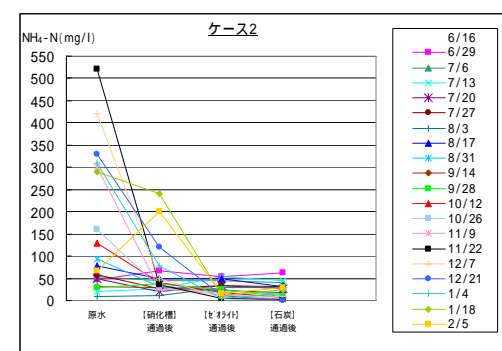


図12.  $\text{NH}_4\text{-N}$ の変化(ケース2:植栽無)

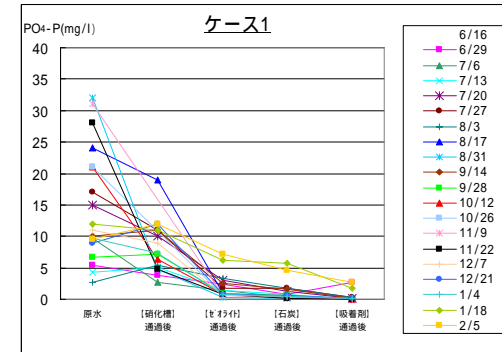


図19.  $\text{PO}_4\text{-P}$ の変化(ケース1:植栽有)

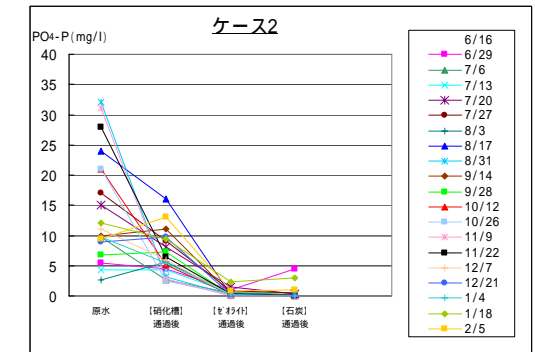


図20.  $\text{PO}_4\text{-P}$ の変化(ケース2:植栽無)

脱窒槽において  
 $\text{NO}_3^-$   
 $\text{NO}_2^-$   
 $\text{NO}$   
 $\text{N}_2\text{O}$   
 $\text{N}_2$  脱窒

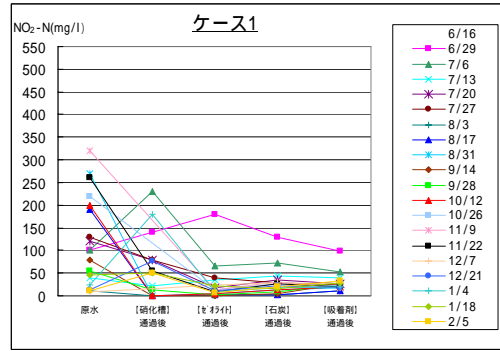


図13.  $\text{NO}_2\text{-N}$ の変化(ケース1:植栽有)

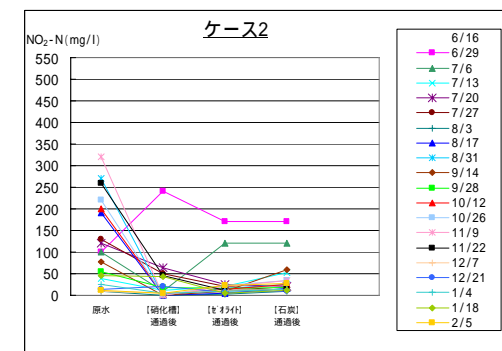


図14.  $\text{NO}_2\text{-N}$ の変化(ケース2:植栽無)

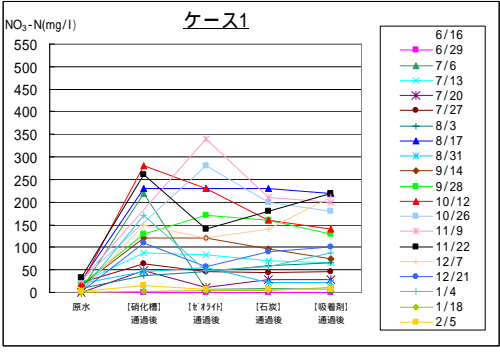


図15.  $\text{NO}_3\text{-N}$ の変化(ケース1:植栽有)

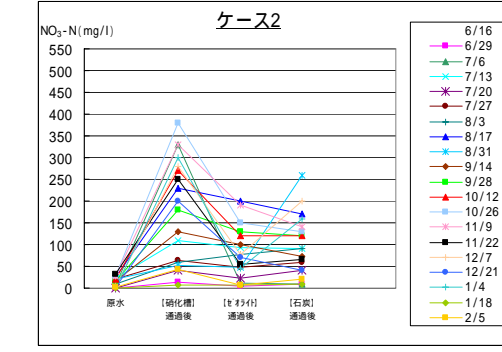


図16.  $\text{NO}_3\text{-N}$ の変化(ケース2:植栽無)

(3) 留意事項について

a. 重金属類について

- 石炭灰製品からの重金属類の溶出に対し、陰イオン交換体の吸着効果試験を実施した。(表6)
- 一部、カドミウムと鉛について、陰イオン交換体からの再溶出の影響と考えられる陰イオン交換体通過後の濃度上昇が認められるが、これを除けば全体として重金属類の吸着効果が認められた。
- 鉛については、石炭灰の成分には含まれないことから、畜産排水原水に混入していた成分が蓄積され、再溶出した可能性が考えられる。

表6. 重金属類の濃度(mg/L)

	カドミウム		全シアン		鉛		六価クロム		ヒ素		セレン		フッ素		ホウ素	
	通過前	通過後	通過前	通過後	通過前	通過後	通過前	通過後	通過前	通過後	通過前	通過後	通過前	通過後	通過前	通過後
2006.6.16	ND	ND	0.2	ND	ND	ND	ND	ND	0.012	0.007	0.003	0.003	0.1	0.2	0.52	0.56
6.29	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.012	0.006	0.005	ND	0.3	0.2	0.71	0.26
7.20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.013	ND	0.003	ND	0.3	ND	0.47	0.23
8.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.015	ND	0.003	ND	ND	ND	0.50	0.35
8.31	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.004	ND	ND	ND	0.70	0.32
9.28	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.007	ND	0.003	ND	ND	ND	0.65	0.26
10.26	ND	0.002	ND	ND	ND	0.022	ND	ND	ND	ND	0.002	ND	ND	ND	0.60	0.20
11.22	ND	ND	ND	ND	ND	0.007	ND	ND	ND	ND	0.003	ND	ND	ND	0.49	0.19
12.21	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.009	ND	0.004	ND	ND	ND	0.64	0.45
2007.1.18	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.012	0.007	0.002	ND	ND	ND	0.24	0.60
排水基準	0.1		1		0.1		0.5		0.1		0.1		8		10	
環境基準	0.01		ND		0.01		0.05		0.01		0.01		0.8		1	
定量限界	0.001		0.1		0.005		0.04		0.005		0.002		0.1		0.01	

ND:検出されず 全シアン...試水の窒素が高濃度であり、分析過程で窒素や炭素によりシアンを形成することが指摘されている。

b. その他について

- 石炭灰製品のアルカリ物質によると考えられる pH の上昇傾向(原水 6~7 通水後 9 程度)が見られた。
- 主に冬季に植生ありのリンが植生なしに比べて高めの傾向があるが、枯れた植生の影響が考えられる。

4. まとめ

今回のシステムの効果として以下の事項が確認された。

- 窒素の硝化・脱窒の促進
- リンの低減
- BOD や COD の低減
- 陰イオン交換体による重金属類の吸着効果
- 半年以上の耐久性(試験開始後 7 ヶ月間の効果の持続)

一方で、植栽による機能の向上については明確な傾向が見られなかった。また、目詰等のシステムの運用への留意や、排水における pH 調整、使用済み材の活用・処理が、課題として指摘された。

b. 人工ゼオライトの吸着能

- 陽イオン交換容量(CEC)は平均で 40meq/100g 前後であった。アンモニア吸着量は、植栽有が 5.4, 植栽無が 3.7meq/100g であり、期間当初 8~9meq/100g が徐々に低減した。11 月以降は原水濃度が高く、それに伴い上昇したものと考えられる。(表5)

(2) 石炭灰造粒物について

- 更なる窒素やリンの吸着効果を期待して適用したが、人工ゼオライトの通水により相当の負荷が低減し、石炭灰造粒物の効果としては明確に認められなかった。

表5. CEC・アンモニア吸着量(meq/100g)

採取日	CEC		アンモニア吸着量	
	植栽有	植栽無	植栽有	植栽無
2006.6.16	26.5	32.8	6.2	9.4
6.29	36.6	33.1	8.6	5.4
7.20	38.4	46.8	7.7	4.4
8.3	39.9	39.9	5.4	2.9
8.31	48.7	42.5	3.7	1.9
9.28	43.4	38.9	1.8	2.0
10.26	43.2	42.3	0.4	2.0
11.22	52.2	42.1	2.6	2.3
12.21	43.2	38.5	2.8	1.7
2007.1.18	36.0	43.1	14.5	4.8
平均	40.8	40.0	5.4	3.7