

# 報告 ポーラスコンクリートを用いた用水池のための水質浄化システム

山森 雄介<sup>\*1</sup>・出村 克宣<sup>\*2</sup>・山崎 賢一<sup>\*3</sup>

要旨：本報告では、水質浄化用ポーラスコンクリートブロックとばっ気を併用した水質浄化システム並びに、水質浄化用ポーラスコンクリートブロックと天然のろ過材を併用した水質浄化システムを開発し、これらの水質浄化システムをいくつかの用水池に試験施工して、その性能評価を行っている。その結果、閉鎖型水域を形成している用水池においては、水質浄化用ポーラスコンクリートブロックと天然のろ過材を併用した水質浄化システムは、優れた浄化性能を発揮することが確認できた。

キーワード：ポーラスコンクリート，水質浄化，用水池，試験施工，無機系凝集沈降剤

## 1. はじめに

近年、ポーラスコンクリートの排水性（透水性）舗装，吸音板（防音壁），断熱効果を期待した屋上緑化，水質浄化などへの利用が活発化している<sup>1)</sup>。しかしながら，ポーラスコンクリートを用いた水質浄化については，その機能が発揮されるまでに長期間を要することや適用環境の水質が様々であり，効率のよい水質浄化システムの検討が必要とされている。

そこで，本報告では，水質浄化機能の効率化を図る目的で開発した，水質浄化用ポーラスコンクリートブロックとばっ気を併用した水質浄化システム並びに，水質浄化用ポーラスコンクリートブロックと天然のろ過材を併用した水質浄化システムについて，それらに用いるポーラスコンクリートの基礎的性質並びに，それらをいくつかの用水池に試験施工して，開発したシ

ステムの水質浄化性能について検討した結果を報告する。

## 2. ポーラスコンクリートの基礎的性質

### 2.1 使用材料

セメントとしては，JIS A 5211（高炉セメント）に規定する高炉セメントB種を使用した。粗骨材としては，安山岩碎石（粒径：10～20又は20～40mm，密度：2.62g/cm<sup>3</sup>）を，混和剤としては，JIS A 6204（コンクリート用化学混和剤）に規定する高性能AE減水剤標準型 種に分類される 2種類（混和剤P及びR）のものを使用した。なお，練混ぜ水には，水道水を使用した。

### 2.2 試験方法

#### (1) ポーラスコンクリートの調合

ポーラスコンクリートの調合は，表 - 1 に示す通りである。

表 - 1 ポーラスコンクリートの調合

調合 No.	骨材の最大寸法 (mm)	水セメント比 (%)	目標空隙率 (%)	単位数 (kg/m <sup>3</sup> )			混和剤 (C×%)	混和剤 の種類
				水	セメント	粗骨材		
P40-25	40	25	30	60	240	1523	2.4	P
P40-22	40	22	30	46	210	1523	2.1	P
P40-21	40	21	30	42	200	1523	2.4	P
P40-20	40	20	30	40	200	1523	1.4	P
P20-20	20	20	30	40	200	1523	1.4	P
R40-20	40	20	30	40	200	1523	1.4	R

\*1 日本大学大学院 工学研究科建築学専攻 (正会員)

\*2 日本大学 工学部建築学科教授 工博 (正会員)

\*3 岩城ブロック工業(株)

## (2) 供試体の作製

JCI-SPO1 - 1 [ポラスコンクリートの供試体の作り方(案)]に従って、表 - 1 に示す調合でポラスコンクリートを練り混ぜ、寸法 15×30cm に成形し、7d 及び 14d 気中養生(25℃)を行って供試体とした。

## (3) 空隙率及び圧縮強度試験

JCI-SPO2 - 1 [ポラスコンクリートの空隙率試験方法(案)]及びJCIエココンクリート研究委員会の [ポラスコンクリートの圧縮強度試験方法(案)]に従って、供試体の空隙率及び圧縮強度試験を行った<sup>2)</sup>。

## 2.3 試験結果及び考察

ポラスコンクリートの圧縮強度及び連続空隙率を表 - 2 に示す。本報告においては、ゴミなどが空隙に詰まることを考慮して、大きな空隙径が得られる最大寸法 40mm の粗骨材を使用することとし、それをを用いた調合のうち、最も大きな圧縮強度が得られた P40-20 を標準調合とした。

## 3. ポラスコンクリートブロックとばっ気を併用した水質浄化システム

### 3.1 水質浄化用ポラスコンクリートブロック

#### (1) 使用材料

使用材料としては、2.1 に示す材料及びカルシウム系多孔質接触材を使用した。

#### (2) 製造

多孔質接触材を詰めた寸法 40×40×40cm のメッシュ状容器を、寸法 50×50×50cm の型枠中央に設置した上で、ポラスコンクリートを打設した。その後、3h 湿空養生後、蒸気(50℃)養生(500℃・h)して、水質浄化用ポラスコンクリートブロックを製造した。なお、水中養生材齢 28d におけるポラスコンクリートの圧縮強度は 18.5MPa、連続空隙率は 32.4%であった。

### 3.2 水質浄化システム

水質浄化用ポラスコンクリートブロック 4 個を 1 群として、その下部からばっ気を行う水質浄化システムとした。その概要を図 - 1 に示す。なお、施工場所の汚濁が著しい場合には、

表 - 2 ポラスコンクリートの圧縮強度及び連続空隙率

調合 No.	圧縮強度(MPa)		連続空隙率 (%)
	材齢 7d	材齢 14d	
P40-25	9.1	10.6	27.5
P40-22	9.2	8.3	29.6
P40-21	7.0	7.5	31.4
P40-20	9.5	10.9	30.0
P20-20	9.3	11.0	27.8
R40-20	8.4	9.3	30.3

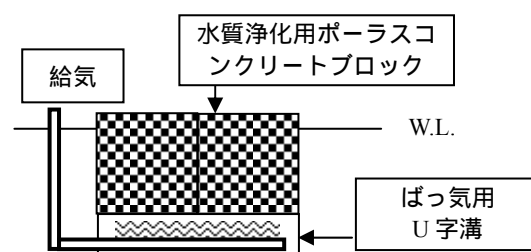


図 - 1 ばっ気を併用した水質浄化システム

せっこうを主成分として製造した無機系凝集沈降剤を投入して、一時的な浄化を行っている。

### 3.3 試験施工

#### (1) 調整池の浄化試験

1) 施工場所：福島県いわき市内の調整池(水量：約 100m<sup>3</sup>)

2) 浄化システム：水質浄化用ポラスコンクリートブロック群 4 基 + ばっ気装置

図 - 2 には、水質試験結果を示す。pH は、水質浄化システム設置後 152d まで、ほぼ一定の中性に近い値を示している。BOD、COD、SS、全窒素及び全リンの測定値は、システム設置後 91d までの間に徐々に低下し、その後、ほぼ一定の値を示している。

#### (2) 工場敷地内の池の浄化試験

1) 施工場所：福島県郡山市内の工場敷地内の池(水量：約 200m<sup>3</sup>)

2) 浄化システム：水質浄化用ポラスコンクリートブロック群 4 基 + ばっ気装置

なお、システム設置直後に、無機系凝集沈降剤を投入(150g/m<sup>3</sup>)した。

水質浄化システム設置後の状況を写真 - 1 に示す。

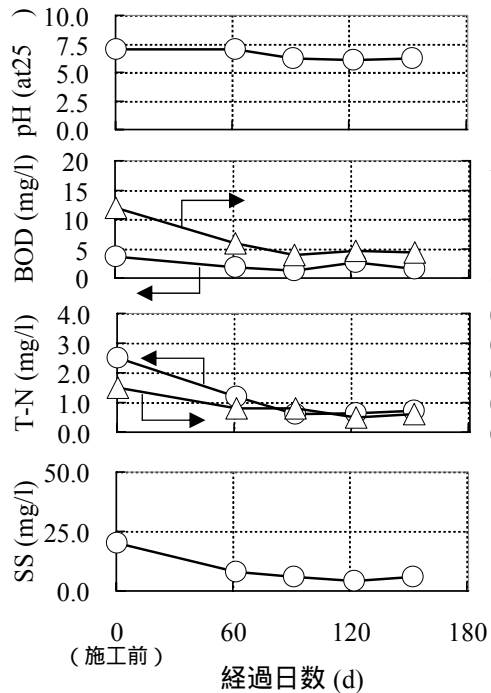


図 - 2 調整池の水質試験結果

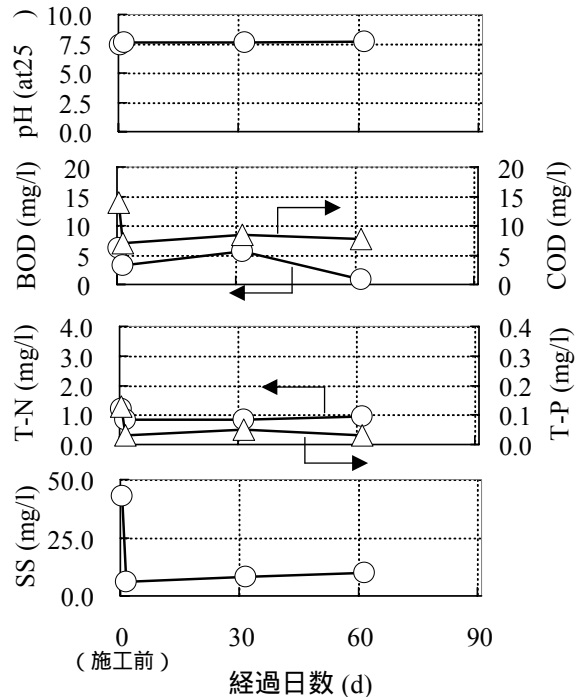


図 - 3 工場敷地内の池の水質試験結果



写真 - 1 水質浄化システム設置後の工場敷地内の池

図 - 3 には、工場敷地内の池の水質試験結果を示す。pH は、水質浄化システム設置後 61d まで中性に近い値を示している。BOD, COD, SS, 全窒素及び全リンの測定値は、無機系凝集沈降剤の投入によって著しく低下し、その後、水質浄化システムによって、ほぼ一定に保たれている。

### (3) 市街地の池の浄化試験

- 1) 施工場所：福島県郡山市市街地の池（水量：約 400m<sup>3</sup>）
- 2) 浄化システム：水質浄化用ポーラスコンクリートブロック群 8 基 + ばっ気装置

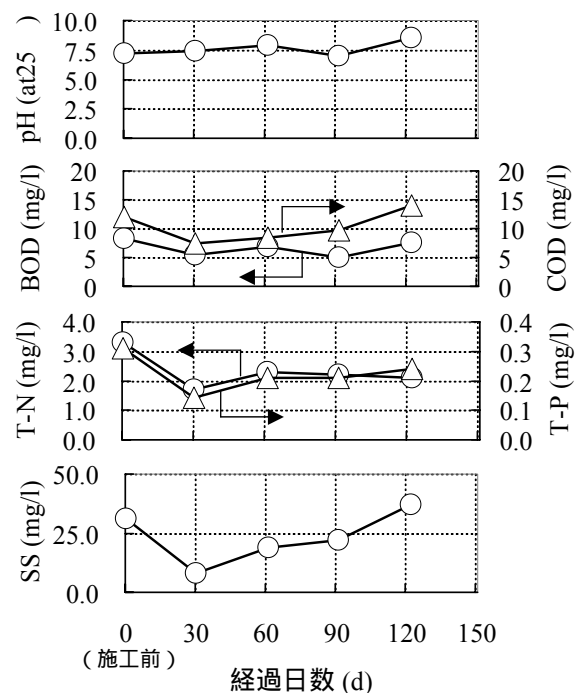


図 - 4 市街地の池の水質試験結果

図 - 4 には、水質試験結果を示す。pH は、水質浄化システム設置後 121d まで中性に近い値を示している。BOD, COD, SS, 全窒素及び全リンの測定値は、システム設置後 30d までの低下は認められるものの、その後、徐々に増加する傾向にある。これは、この池が閉鎖水域を形成し

ていないことにより，他の池からの水の流入があり，測定日より水量が変化していることに起因するものと考えられる。しかし，住民からは，夏期の暑さが厳しかったが，例年に比べて，悪臭が少なかったことや，鴨が飛来していること，水質浄化ブロック周辺に魚が多く観察されたなどの報告があった。

### 3.4 ばっ気を併用した水質浄化システムの性能評価

表 - 3 には，水質浄化システム施工後において，水質が改善され，各測定値がほぼ一定の値を示している 2～3 箇月間の平均値を示す。なお，施工前の水質試験結果を( )内に示している。閉鎖水域を形成していない市街地の池の水質は，あまり優れない傾向にある。調整池及び工場敷地内の池の水質は，工場敷地内の池の COD を除いた全ての測定値において，環境保全の基準値を満たしている。しかし，本研究の限りでは，各測定値がほぼ一定になるまで，調整池及び市街地の池では 1～2 箇月を要している。

## 4. ポーラスコンクリートブロック及びろ過材を併用した水質浄化システム

### 4.1 水質浄化用ポーラスコンクリートブロック

#### (1) 使用材料

粗骨材としては，珪長質半深成岩類に分類される天然石の砕石（粒径：20～40mm）を用い，その他の使用材料は，3.1 で用いたものと同様のものとした。

#### (2) 製造

水質浄化用ポーラスコンクリートブロックの製造は，3.1 と同様に行った。

### 4.2 水質浄化システム

ポーラスコンクリート及びろ過材を併用する水質浄化システムについては，水循環用ポンプ槽を設け，その周辺に水質浄化用ポーラスコンクリートブロックを積み上げて，ポンプ槽とブロックの間にろ過材を充てんするシステムとした。又，水質浄化用ポーラスコンクリートブロックの配置とろ過材を充てんするろ過層の大き

表 - 3 試験施工場所の浄化性能の評価  
(その1)

測定項目	調整池	工場敷地内の池	市街地の池	環境保全の基準値
pH (at25 )	6.2 (7.0) *	7.7 (7.4)	7.8 (7.2)	6.0 以上 8.5 以下
COD (mg/l)	4.3 (12.0)	8.1 (14.0)	10.7 (12.0)	8 以下
SS (mg/l)	6 (20)	9 (43)	26 (31)	**
T-N (mg/l)	0.65 (2.50)	0.90 (1.19)	2.20 (3.30)	1 以下
T-P (mg/l)	0.06 (0.15)	0.04 (0.13)	0.22 (0.31)	0.1 以下

注) \*: 施工前の測定値

\*\* : ゴミ等の浮遊が認められないこと

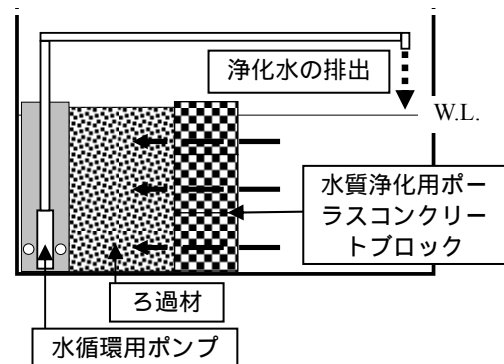


図 - 5 ろ過材を併用した水質浄化システム  
(その1)

さと形状については，試験施工箇所にあわせて設計した。ろ過材としては，水質浄化用ポーラスコンクリートブロックの製造に使用した砕石を用いた。但し，施工場所によっては，無機系凝集沈降剤を投入した。

### 4.3 試験施工

#### (1) 防火用水池の施工 (その1)

1) 施工場所：日本大学工学部校内の防火用水池  
(水量：約 50m<sup>3</sup>)

2) 浄化システム：図 - 5 に示すように設計したシステム

水循環用ポンプ槽の設置状況を写真 - 2 に示す。

図 - 6 には，水質試験結果を示す。水質浄化システム設置後 43d までの間に，全窒素を除いて，BOD，COD，SS 及び全リンの測定値とも，それらの測定値が著しく低下している。なお，全窒素が徐々に増加する傾向にあるのは，防火用水池周



写真 - 2 水循環用ポンプ槽の設置状況



写真 - 3 水質浄化システム設置後の本宮町内の防火用水池

辺の杉の葉が、落ち葉となって貯水槽内に落ちて堆積したことによるものと推察される。

### (2) 防火用水池の施工 (その 2)

- 1) 施工場所：福島県本宮町内の防火用水池 (水量：約 50m<sup>3</sup>)
- 2) 浄化システム：図 - 5 に示すように設計したシステムとし、その周辺にばっ気装置を設置した。

なお、この防火用水池は濁りが著しかったため、システム設置直後に、無機系凝集沈降剤を投入している。

システム設置後の池の状況を写真 - 3 に示す。

図 - 7 には、水質試験結果を示す。水質浄化システム設置後 7d までの間において、BOD、COD、SS、全窒素及び全リンとも著しく低下し、その後、ほぼ一定の値を示している。又、透視度は、試験施工翌日において著しく上昇している。これは、無機系凝集沈降剤の投入によって、

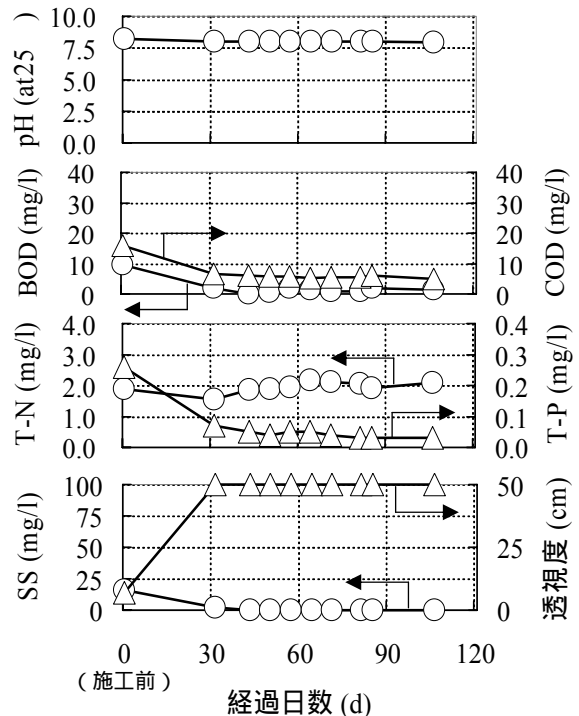


図 - 6 大学校内の防火用水池の水質試験結果

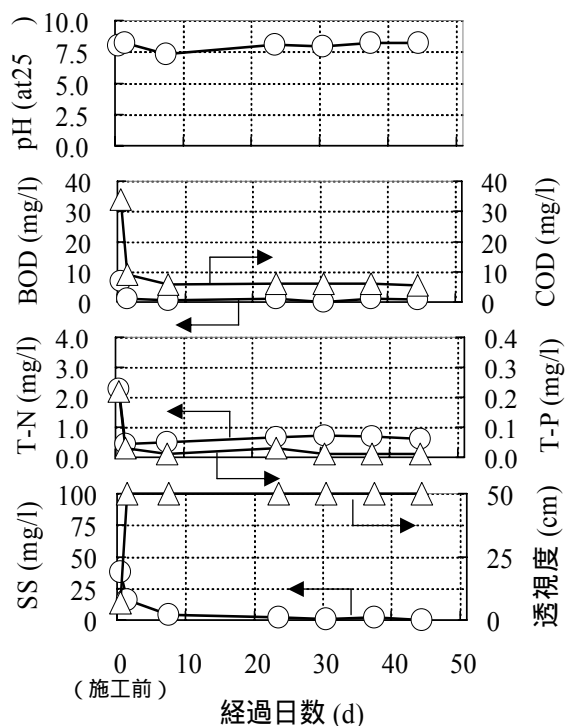


図 - 7 本宮町内の防火用水池の水質試験結果

浮遊物が沈殿したことによるものと推察される。

### (3) 公園内の池の浄化試験

- 1) 施工場所：福島県郡山市内の公園の池 (水量：約 345m<sup>3</sup>)
- 2) 浄化システム：図 - 8 に示すように設計したシステム

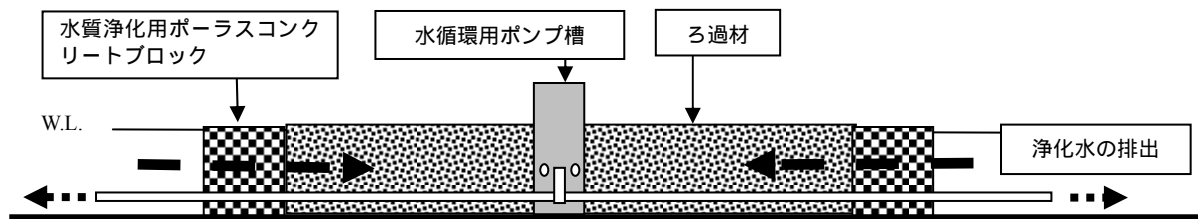


図 - 8 ろ過材を併用した水質浄化システム (その2)

図 - 9 には、水質試験結果を示す。BOD、COD、全窒素及び全リンの測定値は、水質浄化システム設置後 18d までの間に低下し、その後徐々に低下するか又はほぼ一定値を示している。又、SS の低下は、設置 46d 後程度から認められ、その後、時間の経過と共に低下する傾向にあるが、透視度にはほとんど変化が認められない。

#### 4.4 ろ過材を併用した水質浄化システムの性能評価

表 - 4 には、水質浄化システム施工後において、水質が改善され、各測定値がほぼ一定の値を示している 1~7 箇月間の平均値を示す。なお、施工前の水質試験結果を ( ) 内に示している。閉鎖水域を形成していない公園内の池の水質は、あまり優れない傾向にある。大学校内の防火用水池及び本宮町内の防火用水池の水質は、大学校内の防火用水池の全窒素を除いた全ての測定値において、環境保全の基準値を満たしている。

#### 5. 結論

本研究の結果を総括すれば、次の通りである。

- (1) 水質浄化を目的とするポーラスコンクリートの利用に当っては、ばっ気や天然のろ過材との併用などが、効率的な水質浄化及び施工の簡易化をもたらすものとする。
- (2) 防火用水池における水質試験結果から、本研究において開発している水質浄化システムは、閉鎖型貯水施設においては、有効に機能するものとする。
- (3) 濁りが著しい貯水施設においては、無機系凝集沈降剤を投入して水質浄化し、その後の水質の維持を水質浄化システムに期待することが有効であると推察される。

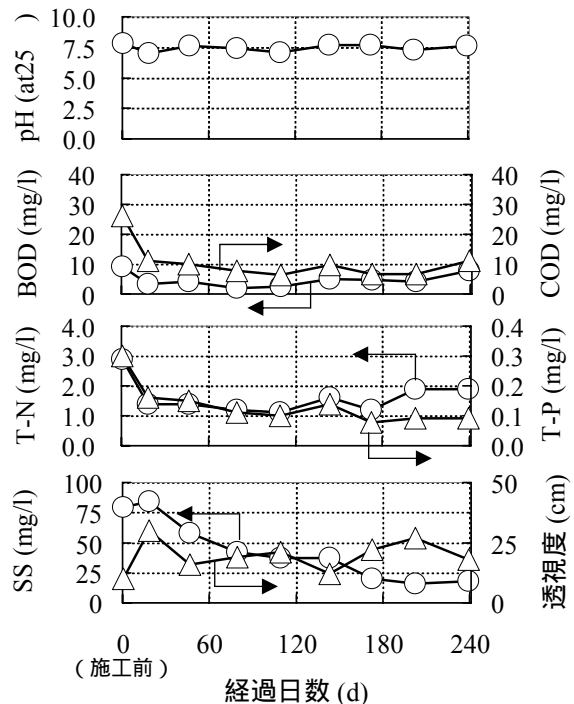


図 - 9 公園内の池の水質試験結果

表 - 4 試験施工場所の浄化性能の評価 (その2)

測定項目	大学校内の用水池	本宮町内の用水池	公園内の池	環境保全の基準値
pH (at25 )	8.0 (8.2) **	7.9 (8.0)	7.5 (7.8)	6.0 以上 8.5 以下
COD (mg/l)	5.7 (16.0)	5.9 (34.0)	8.3 (26.0)	8 以下
SS (mg/l)	1.0 以下* (16)	2 (38)	33 (79)	—***
T-N (mg/l)	1.96 (1.88)	0.65 (2.27)	1.47 (2.90)	1 以下
T-P (mg/l)	0.04 (0.26)	0.01 以下* (0.22)	0.11 (0.30)	0.1 以下

注) \*: 検出限界

\*\* : 施工前の測定値

\*\*\* : ゴミ等の浮遊が認められないこと

#### 参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会：ポーラスコンクリートの設計・施工法の確立に関する研究委員会報告書，231p.，2003.5
- 2) 日本コンクリート工学協会：エココンクリート研究委員会報告書，p.58，1995.11