

## 各種洗浄法を経たポーラスコンクリートカラム浸出液中重金属濃度の変動 Variations in The Heavy Metal Concentrations in The Penetrated Water from Porous Concrete Columns after Various Purification Methods

○飯沼龍雅\* 原田茂樹\*\*

Ryuga Iinuma\*, Shigeki Harada\*\*

### 1. はじめに：

路面排水には主に交通を起源とする汚濁物質が含まれる[1,3,4]。重金属に注目した場合、一般に懸濁態成分が多く[1]、懸濁態を含む総重金属量は溶存態重金属量を大きく上回る(鉛の場合、総量は懸濁態量の10倍以上に達しうる[1])。本研究では路面排水中重金属の流出制御手法としてのポーラスコンクリート(PC)[1-4]に対する洗浄法についての検討結果を示す。PCは透水性に優れた特殊コンクリートであり重金属吸着効果を示す[1,3-4]が、PC自体からわずかな重金属溶出があればそれはみかけの重金属吸着率を下げる[1,4]ためである。本研究では、安全評価のため、路面排水中の総重金属量ではなく溶存態重金属量に対する「各種洗浄を経たPCカラムからの浸出液中の重金属濃度」の変動に焦点をおく。以下では、浸漬や異条件での超音波洗浄を経たPCカラムからの浸出水中重金属濃度の変動を示し、洗浄法の違いによる溶出削減効果の違いを論じた上で、路面排水中溶存態重金属濃度との比較や環境基準との比較を通じ洗浄方法の評価を行った結果を示す。なお路面排水中の汚濁に対しては、交通負荷の大きい市街地[1]のみならず、農村居住集中地域においても制御技術開発が必要でありPCの適用も有力な選択肢である[2]



図1:PC(左:大碎石(Case1),  
右:小碎石(Case2))  
PC(Left:BigAggregate(Case1),  
Right:SmallAggregate(Case2))

### 2. 材料と方法：

#### 2-1. ポーラスコンクリートの洗浄方法とその効果：

2種類のPCカラム(直径10cm、深さ10cm)を大碎石(Gmax10)、小碎石(Gmax5)を用い作成した。洗浄には蒸留水または精製水を使用し、「浸漬のみ(樽法[4])」、「超音波洗浄」の2つの方法を試した。なお、超音波洗浄の出力は出力40kHz(「高」とする)、出力16kHz(「低」とする)の2つを設定した。2023年度農業農村工学会東北支部では「浸漬のみ」、「超音波洗浄」(超音波洗浄機内にPCを浸漬させ720分超音波をあてた)を検討した(第1ターム)。本研究では、「超音波洗浄」を再度行い、洗浄効果の限度を検討した(第2ターム)。洗浄後、未洗浄PCカラム、浸漬のみ、超音波洗浄後のPCカラムにMQWを散水し、浸出水中の重金属濃度をICP-MSまたはICP-OESにて測定した。洗浄槽内の水を適宜採水し重金属濃度を計測することでも、超音波洗浄により新たなポーラスコンクリートからの重金属除去が進んだかを調べた(特に第2タームにて)。

#### 2-2. 路面排水中重金属濃度とPCカラムからの溶出および環境基準との比較：

宮城県仙台市若林区薬師堂駅付近の雨水桝に設置した雨水採水器で採水した路面排水中

\* 福島大学大学院食農科学研究科 Food and Agriculture of Sciences, Graduated School of Fukushima Univ.

\*\*福島大学食農学類 Food and Agriculture of Sciences, Fukushima Univ. 物質循環、環境影響評価、水質

の溶存態重金属濃度と比較して PC 浸出水中重金属濃度から溶出削減効果について議論する。路面排水は GF/B(Whatman) でろ過しマイクロウェーブ分解にて前処理を行い ICP-MS にて計測した。路面排水は 2019 年～2023 年に採水した。

### 3. 結果と考察：

PC 浸出水中重金属溶出濃度と若林区路面排水中溶存態重金属濃度(平均、最大、最小)を図 2 に示す。

・「浸漬のみ」と「超音波洗浄：高、低」

の PC 浸出水中重金属溶出濃度と路面排水中溶存態重金属濃度を比較する。Cr は「Ave」と比

べ最大で  $11.1 \mu\text{g/L}$  高い。Pb は「Ave」より最大で  $7.4 \mu\text{g/L}$  高かったが、「超音波洗浄」では「Max」と比べ  $0.6 \mu\text{g/L}$  以上低い。Cu は「Ave」より  $10.7 \mu\text{g/L}$  以上低く、Zn は「Min」より  $27.4 \mu\text{g/L}$  以上低かった。各洗浄法いずれも溶出削減効果があり土壌環境基準[5]及び地下水環境基準[6]と比べた場合、許容限度を超過することはなかった。

・「浸漬のみ」の場合、洗浄に必要な時間が 2 週間から 1 か月ほどだが、超音波洗浄では 12 時間連続で稼働することにより必要な時間を 1～2 日に短縮できる利点がある。

・「超音波洗浄：低」において、超音波洗浄を繰り返すことで溶出がより削減されたが、「超音波洗浄：高」では変化が見られなかった。これは「超音波洗浄：高」では 1 ターム目で重金属溶出の要因の一つであるセメント粒子が十分に篩いだされたのに対し、「超音波洗浄：低」では比較的粒子が構造内部に残っていたことが原因であると推測される。

### 4. 結論と課題：

・洗浄後の PC 浸出水中重金属濃度の一部は路面排水中溶存態重金属濃度より高い場合があったが環境基準の許容限度は超えない上、路面排水中重金属は懸濁態の割合が高く PC はそれらを捕捉できることから重金属捕捉媒体として運用していく実用性も高まった。

・超音波洗浄において、PC の碎石が小さく間隙が狭い場合は、出力：高では目が詰まってしまったため、16～40k Hz の間で適切な強度を検証していく必要がある。

・本研究で使用した供試体は、製品作成者が納品前に環境省告示第 18 号に基づいた溶出試験を行っており、Pb 及び Cd、Cr (VI) の基準を満たしていた。本報告で示した洗浄はその後に付加的に行ったもので、さらに PC は清浄になっていると考えられる。

・今後、農地周辺の路面排水や雨水樹堆積物の解析を行い、PC による浄化効果、資源回収効率などをモデリングしていく。なお、現場への設置においては、まず吊下げ型でかつ厚さ 2cm のもの 2 枚、又は 4cm 立方体に限った PC の設置試行などからを行っている。

### 引用文献

[1] Shigeki, H. Water. 2023 [2] 原田・金、農業農村工学会誌、2014 [3] 例えば、Shigeki, H., Chemosphere, 2010 [4] 飯沼・原田、農業農村工学会東北支部要旨集、2023 [5] 平成 3 年環境庁告示第 46 号(改正令和 2 環告 44) [6] 平成 9 年環境庁告示第 10 号(改正令和 3 環告 63)

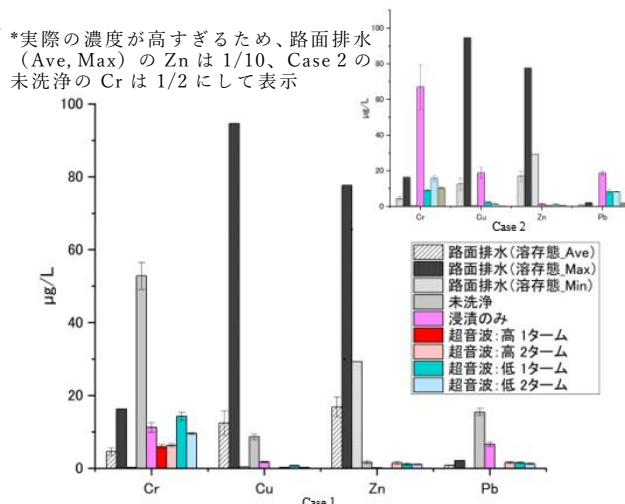


図 2：路面排水と PC 浸出水中重金属濃度  
The heavy metals concentrations of real stormwater and the penetration water from porous concrete