

博士論文要旨

論文題名：簡易セラミックフィルター（SCF）の 浄水及び排水処理への開発と適用

立命館大学大学院理工学研究科
総合理工学専攻博士課程後期課程

むはまど むはむどうる はっさん
Md. Mahmudul Hasan

バングラデシュの土壌と米糠を用いて簡易水処理フィルターを作成し、飲用水と排水処理への適用を検討した。まず、水処理用のセラミックフィルターに関して、とくに途上国に適用可能な簡易型フィルターを中心に、既往の文献レビューを行った。得られた知見から、現地の材料および現地の施設のみを用いて、安価なフィルターの製作の可能性を検討した。その結果、土壌と米糠を微細に粉碎後篩分し 8 : 2 の割合で混合してから水を加えて練り上げ、径 10cm 中空円柱 (2cm 厚) に成形した後、自然乾燥と現地の素焼き炉で焼成することによって、十分なる過速度と強度を得ることができた。このフィルターの空隙率は約 60% で、孔径は 1~5 μm と評価され、現地での製作コストは 0.2~0.3US\$ と算定された。本フィルター (SCF) は孔径よりも大きな凝集フロックや微生物フロックを分離できることから、水酸化鉄フロックを用いる砒素除去や膜分離活性汚泥法 (MBR) への適用を検討した。バングラデシュの地下水中の砒素除去を目的として、地下水中の 2 価鉄を鉄酸化バクテリアで 3 価鉄に酸化し、生じた凝集フロックに砒素を吸着共沈させてから SCF で凝集フロックを分離した。室内実験において、砒素除去性能は 2 価鉄濃度により正に、リン濃度により負の影響を受けることが明らかになり、2 価鉄濃度とリン濃度から砒素除去濃度を予測する重回帰式を導いた。また、通常のリソ濃度範囲であれば良好な砒素除去性能が得られること、2 価鉄濃度が低い場合には金属鉄 (金網) からの供給が可能であること、リン濃度が高濃度の場合には 2 回の処理を繰り返すこと (2 段ろ過) で性能を上げることが可能であることなどを明らかにした。これらの知見から、現地の植木鉢に SCF と金網を装着した砒素除去装置 (ARU) を製作し、バングラデシュの農村部で実際の汚染地下水を対象とした砒素除去実験を行った。1 年間の ARU 実験結果から、良好な砒素除去性能 (除去率約 80%) が確認されたことと、ARU の使用と浄化水の利用に関する住民の許容度が高いことなどが明らかとなった。SCF の MBR への適用については、人工下水を用いた室内実験によって検討した。SCF による活性汚泥の分離は十分であり、処理水の BOD はほぼ完全に除去 (2mg/L 未満) された。重力ろ過については水深を変えてろ過圧を変化させ、吸引ろ過についてはろ過速度を変化させて、それぞれろ過速度と膜間差圧の変化を測定した。この結果、フラックスについては 0.1~0.3m/日 が得られ、また吸引ろ過よりも重力ろ過の方が目詰まりリスクが低いことが示された。開発された SCF は、以上の適用例の他にも、途上国での様々な浄水処理や排水処理に適用可能と考えられる。

Abstract of Doctoral Thesis

Title : Development and Applications of a Simple Ceramic Filter (SCF) for Water and Wastewater Treatment

Doctoral Program in Integrated Science and Engineering
Graduate School of Science and Engineering
Ritsumeikan University

むはまど むはむどうる はっさん
Md. Mahmudul Hasan

This thesis was designed to develop a low cost and simple ceramic filter (SCF) using cheap and locally available materials (Bangladesh local clay soil (80%) and rice bran (20%)) and to investigate its application in water and wastewater treatment processes. The cylindrical shaped SCF had an outer diameter of 10 cm with a thickness of 2 cm. The porosity and pore size was $60\pm 1\%$ and 1–5 μm , respectively. The manufacturing cost of a SCF was estimated to be US\$ 0.2–0.3. The first application of the SCF was investigated to treat groundwater from arsenic (As). An As removal unit (ARU) was assembled using the SCF. The laboratory results showed that the ARU could successfully remove As(III) by adsorption and co-precipitation with the biological iron precipitate. It emphasized that the SCF could effectively separate the iron hydroxide floc. The practical field application in a rural area of Bangladesh over the course of 1 year also confirmed the high performance of ARU to remove As from actual contaminated groundwater. A developed model equation suggested that iron accelerated and phosphorus inhibited the As reduction. The ARU manufacturing cost (US\$ 4–5) was significantly cheaper than other filters and affordable to the rural households. The second application of the SCF was investigated to treat domestic wastewater by using it in membrane bioreactor (MBR) process. The detail lab-scale experiments were carried out under gravitational filtration (three different mixed liquor (ML) heights and two BOD load conditions) and suction filtration (four different flux rates, same BOD load and same HRT conditions) modes. The SCF was submerged in the reactors. Synthetic wastewater containing carbon sources and synthetic greywater containing detergent surfactant were used. The SCF could efficiently separate the activated sludge floc. The flux performance was obtained 0.1–0.3 m/d for up to 1 year of operation without clogging the SCF under gravitational mode. A flux less than 0.2 m/d showed a lower risk of fouling in suction mode and simple physical cleaning was found suitable for SCF's maintenance. High removal performance of organic and MBAS was obtained in intermittent aeration condition. This emphasized the necessity of aeration and produced effluents' of a quality which could be reused for various non-potable purposes. The gravity filtration was found to be a more advantageous operation while using the SCF in MBR. The use of the SCF would reduce the cost of MBR for developing countries. Other possible applications of the SCF in water and wastewater sectors were also recommended.