

電解による井戸水中のフッ素の分離除去

富山県立大学 (学)渋谷洋平 (正)奥川光治 (正)川上智規

1. はじめに

スリランカ北部アヌラダプラ地域では、住民が飲料水として利用している地下水に地質由来のフッ素が混入しており、多くの子供たちがフッ素症(斑状歯)となっている。この地域で多発している慢性腎臓病とフッ素の関連も疑われている。また、スリランカのみならずフッ素症は世界25 カ国で問題になっている。そのため、安価で、現地に適用可能なフッ素除去技術の開発が課題となっている。

日本の浄水におけるフッ素処理方法は、凝集沈殿法、活性アルミナ法、骨炭法、電解法、ナノろ過膜、逆浸透膜などといったものがあるが、スリランカでは、経済的、かつ、各住宅で利用可能なフッ素処理方法を開発する必要がある。

本研究は、電解による井戸水中のフッ素の除去機構を解明し、装置の開発、電源の種類や電極材質の検討を行うことを目的とする。

2. 方法

図-1 に示すように素焼容器で隔てた人工井戸水に電圧を加える。素焼容器の内側に陰極、外側に陽極を設置することにより、フッ素を選択的に内側から外側に分離除去できる。本研究では、電圧とイオン濃度を変化させてフッ素除去効果を確認した。電圧は 4V, 8V, 12V, 14V と変化させた。イオン濃度については、Ca イオンと Mg イオンの濃度を変化させて実験を行った。実験一覧を表-1 に示した。また、陽イオンと陰イオンの初期濃度を表-2 と表-3 に示した。

電圧を加える前(0 分)と電圧を加えた後 10 分, 30 分, 60 分において素焼容器の内側と外側の人工井戸水をそれぞれガラス棒で攪拌した後にサンプリングした。また、経過時間ごとに素焼容器の内側と外側それぞれの pH を測定した。サンプルはろ過した後にイオンクロマトで分析を行った。

3. 結果および考察

RUN-04, 12 の陽イオンと陰イオンの挙動を図-2 から図-5 に示した。また、RUN-04 の pH の変化を図 6 に示した。

RUN-01(電源の電圧が 4V の実験)では、陽イオンと陰イオンの挙動がともにほとんどなかった。目視で電解が起きたのが5V 付近であったことから、各イオンが反応しな

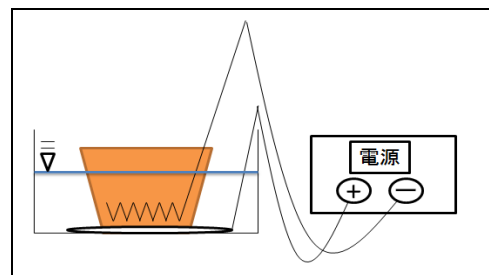


図-1 電解実験装置

表-1 実験一覧

実験番号	電源電圧(V)	Mgイオン濃度(mg/L)	Caイオン濃度(mg/L)
RUN-01	4	91.8	22.5
RUN-02	8	65.3	23.3
RUN-03	12	58.2	21.5
RUN-04	14	57.0	9.60
RUN-11	8	2.08	13.6
RUN-12	8	169	39.7
RUN-21	8	61.0	5.71

表-2 陽イオンの初期濃度(mg/L)

実験番号	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
RUN-01	485	34.9	91.8	22.5
RUN-02	481	35.4	65.3	23.3
RUN-03	305	21.5	58.2	21.5
RUN-04	295	19.9	57.0	9.60
RUN-11	99.2	4.00	2.08	13.6
RUN-12	376	35.0	169	39.7
RUN-21	447	31.6	61.0	5.71

表-3 陰イオンの初期濃度(mg/L)

実験番号	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
RUN-01	3.13	817	38.6	140
RUN-02	3.14	803	34.0	138
RUN-03	2.00	507	23.5	86.2
RUN-04	2.48	579	36.4	85.0
RUN-11	2.13	368	27.2	135
RUN-12	3.41	936	39.5	145
RUN-21	3.21	676	32.4	128

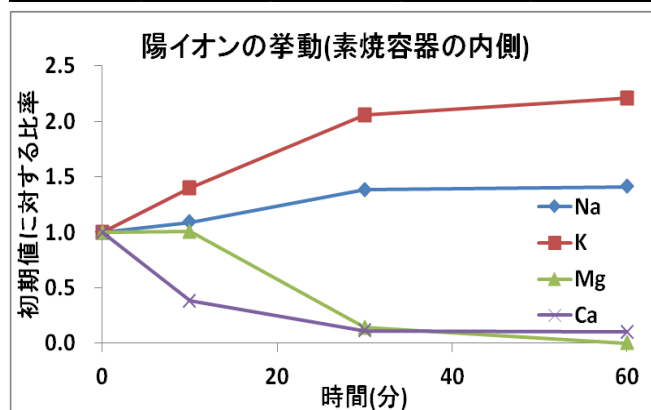


図-2 RUN-04の結果

ったと考えられる。また、電解が起こらないとフッ化物イオンを除去することができないと考えられる。

RUN-02(電源の電圧が 8V の実験)では、実験開始から 30 分後で約 60%のフッ化物イオンを除去することができた。また、陽イオンの挙動としては、時間の経過とともに Na イオンと K イオンが増加していき、Mg イオンと Ca イオンが減少していくという結果になった。

RUN-03(電源の電圧が 12V の実験)は、RUN-02, 04 とほぼ同じ結果が得られた。電源の電圧を RUN-02 よりも 4V 大きくしたが、フッ素除去率が向上しなかった。このことから、電源の電圧を一定以上に大きくしたとしてもフッ素除去率には影響しないと考えられる。

RUN-04(電源の電圧が 14V の実験)は、RUN-02, 03 とほぼ同様の結果が得られた。Mg イオンとフッ化物イオンの挙動が似ていることからそれらのイオンが共沈していると考えられる。

RUN-11(Mg イオン濃度を少なくした実験)では、Mg イオン濃度を少なくすることにより、フッ素除去率が小さくなった。この実験の結果から、Mg イオン濃度の大小がフッ素除去率の大小と関係していると考えられる。

RUN-12(Mg イオン濃度を増やした実験)では、60 分経過後にフッ化物イオンを約 80%除去することができた。ただし、Mg イオン濃度を増やすことにより Ca イオン濃度が増えていたことや Ca イオンとフッ化物イオンの挙動が似ていることにより、Ca イオンとフッ化物イオンの共沈の可能性も考えられる。

RUN-21(Ca イオン濃度を減らした実験)では、Ca イオン濃度を少なくしたが、フッ素除去率にあまり変化はみられなかった。

また、実験中白い沈殿が発生したが、この沈殿物は $Mg(OH)_2$ または $CaCO_3$ であると考えられる。

pH については、時間の経過とともに素焼容器の内側では増加し、外側では減少する傾向を示した。

4. おわりに

今後は段階的に Mg イオン濃度を変化させて、フッ素除去率の効果を確認するとともに、沈殿物を分析し、その成分を確認する予定である。

参考文献

(財)水道技術研究センター(2010)浄水技術ガイドライン 2010, pp.64-65.

日本水道協会(2000)水道施設設計指針 2000 年版, p.362.

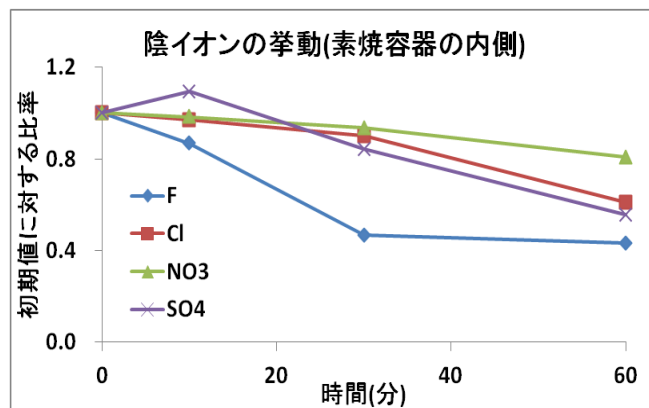


図-3 RUN-04 の結果

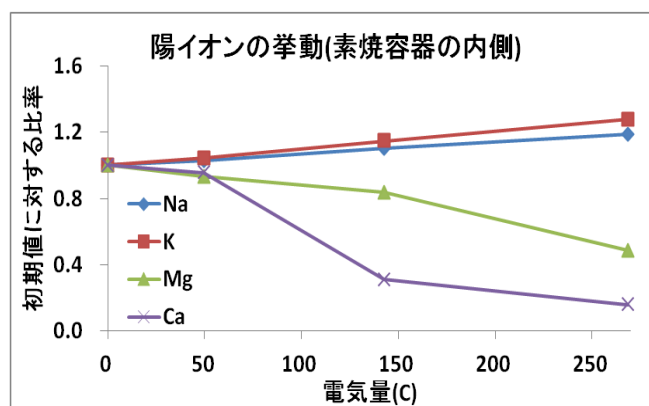


図-4 RUN-12 の結果

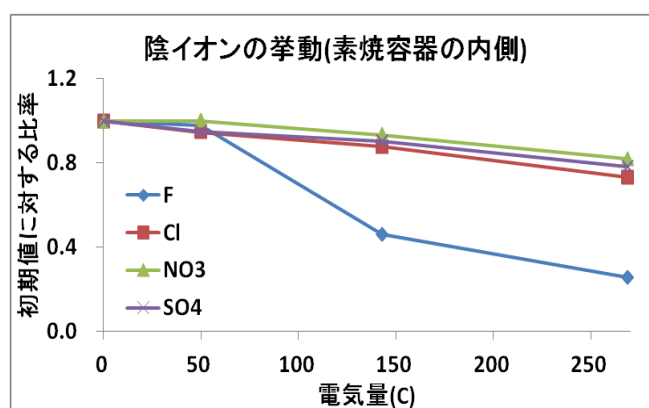


図-5 RUN-12 の結果

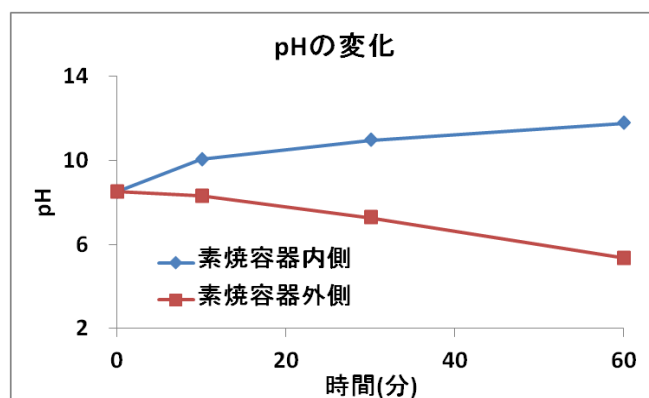


図-6 RUN-04 の pH の変化