

# 鳥骨炭を用いた重金属の吸着除去

富山県立大学工学部 学生会員 ○松原 弘樹  
富山県立大学工学部 正会員 川上 智規

## 1. はじめに

東南アジアの発展途上国では急激な経済発展に伴い工場廃水が増加している<sup>1)</sup>。工場廃水には重金属類が含まれている場合があり、それらが河川などの公共水域に排出されることによる環境影響が懸念されている。特に小規模な工場では大掛かりな処理設備を設置することができないため、廃水に含まれる重金属を簡易な手法で安価に処理する技術が求められている<sup>2)</sup>。吸着は最も簡易な処理方法である。安価な吸着剤としてヤシガラ炭など様々な材料が提案されている。その中でも骨炭は、鉛やフッ素の吸着能力に優れていることが知られている<sup>3,4)</sup>。本研究では鉛も含む重金属類ならびにフッ素の骨炭への吸着特性を評価した。また、骨炭の主成分とされているヒドロキシアパタイト (HAp) や活性炭との比較も実施した。

## 2. 実験方法

模擬廃水として ICP 用標準液(Merck ICP standard I)を 10 倍に希釈したものをを用いた。また、フッ素として 10mg/l となるようにフッ化ナトリウムを添加した。ヒ素は 0.05mg/l となるようにヒ素標準溶液を添加した。pH はこの溶液に 1mol/l の NaOH を添加することで三種類に調整したもの (pH=1.6, 3.6, 11.2) をを用いた。この時、各成分濃度(mg/l)は表 1 のようであった。

表-1 模擬廃水中のフッ素ならびに金属類の濃度

	B	F	Al	Cr	Mn	Fe	Co	Ni
pH=1.6	1.48	10.0	9.96	2.48	0.50	1.49	2.11	4.97
pH=3.6	1.38	10.0	9.63	2.49	0.49	1.47	2.09	4.74
pH=11.2	1.41	10.0	9.56	2.43	0.47	1.43	2.04	4.64
	Cu	Zn	As	Sr	Ag	Cd	Ba	Pb
pH=1.6	1.99	1.98	0.05	0.10	5.0	1.99	0.50	19.8
pH=3.6	1.86	1.78	0.05	0.10	4.3	1.85	0.48	18.8
pH=11.2	1.83	1.75	0.05	0.10	4.1	1.79	0.46	17.9

鳥骨炭の粉末、HAp (太平化学)、粉末活性炭のそれぞれ 0.1g を 50ml の遠沈管にとり、40ml ずつ模擬廃水を加えて 1 時間振とうすることによって吸着試験を行った。その後、各サンプルを孔径 0.45 $\mu$ m のメンブレンフィルターでろ過した。ろ過後の各サンプルは 10 倍に希釈して金属類を ICP-MS で、フッ素はイオンクロマトグラフで分析した。その結果と表-1 の初期濃度から吸着率を求めた。

## 3. 結果と考察

表-2 に吸着率を示す。値が負のものは吸着剤からの溶出があったことを示す。pH=1.6 の時、HAp の鉄と鉛、鳥骨炭と活性炭の銀以外では吸着率が低かった。pH=3.6 の時、鳥骨炭では、ホウ素、ヒ素、ストロンチウム、バリウム以外の金属類は 90%以上の吸着率であった。ヒ素の吸着率は 19.5%にとどまった。HAp は、鳥骨炭で吸着率が低かったホウ素、ヒ素、ストロンチウム、バリウムに加えてマンガン、コバルト、ニッケル、銀が 90%を下まわった。活性炭はヒ素の吸着率が 97.5%と高かった。フッ素は、鳥骨炭と HAp はそれぞ

れ 87.0%、75.9%と吸着吸着率が高かったが、活性炭は 4%にとどまった。pH=11.2 の時、HAp と活性炭は、ホウ素とアルミ以外の吸着率が 90%超えた。鳥骨炭はホウ素とアルミに加えてヒ素の吸着率が低かった。

全体を見てみるとホウ素はどの pH においてもどの吸着材でも吸着が困難であった。HAp と鳥骨炭は pH が 3.6 以上で多くの金属類に対して吸着率が高かった。活性炭は pH が 11.2 のときのみで性能が良いと分かった。これらのことから HAp と鳥骨炭は類似した吸着特性を有し、フッ素や多くの金属類に対して吸着材として利用できる可能性がある。HAp は入手が困難であるが、鳥骨炭は簡単に製造することができるため、発展途上国においてはより利用の可能性が高いと考えられる。

表 2 吸着率

単位(%)

		B	F	Al	Cr	Mn	Fe	Co	Ni
pH=1.6	HAp	0.9	-	11.2	7.3	6.0	90.8	8.1	12.1
	CBC	6.4	-	13.0	12.1	10.3	56.2	11.8	17.4
	AC	-0.6	-	8.0	8.0	8.1	27.9	5.2	6.9
pH=3.6	HAp	3.0	75.9	98.5	99.7	64.0	99.9	56.1	19.4
	CBC	9.8	87.0	100	99.9	98.0	100	97.7	93.0
	AC	9.3	4.0	11.3	56.7	9.9	28.5	11.4	14.3
pH=11.2	HAp	2.1	-	7.6	98.7	99.6	99.3	100	100
	CBC	-3.8	-	9.8	99.0	99.9	99.2	100	100
	AC	21.8	-	15.7	99.3	100	99.9	100	100
		Cu	Zn	As	Sr	Ag	Cd	Ba	Pb
pH=1.6	HAp	16.2	16.3	10.1	-1700	42.5	14.4	2.7	95.1
	CBC	61.7	-22.4	18.2	-1020	93.3	17.9	-153.9	69.0
	AC	11.7	3.6	22.3	-0.80	93.9	10.3	8.6	12.4
pH=3.6	HAp	99.4	94.7	11.1	-16.4	20.6	95.8	64.2	100
	CBC	100	100	19.5	-19.7	98.5	99.7	79.8	100
	AC	83.3	7.3	97.5	-0.10	62.6	12.8	12.5	46.5
pH=11.2	HAp	99.9	99.5	99.0	98.3	93.2	100	98.7	100
	CBC	100	100	55.5	98.8	100	100	99.6	100
	AC	100	100	94.7	99.1	99.8	100	99.7	100

#### 4.まとめ

発展途上国で利用できる、安価で簡便な吸着剤として鳥骨炭の性能を、HAp ならびに活性炭と比較した。鳥骨炭はフッ素や金属類の吸着材として利用できる可能性が高い。

- 1) UNEP, Water withdrawal and consumption: the big gap, Vital Water Graphics - An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters, 2nd Edition, 2008
- 2) Ajay Kumar Meena, G.K. Mishra, P. K. Rai, Chitra Rajagopal, P. N. Nagar, Removal of heavy metal ions from aqueous solutions using carbon aerogel as an adsorbent, Journal of Hazardous Materials, B122, 161-170, 2005
- 3) Bo Sun, Hui-Yun, Tian, Chun-Xue Zhang and Gang An, Preparation of Biomimetic-Bone Materials and Their Application to Removal of Heavy Metals, AIChE Journal, Vol.59, No.1, 229-240, 2012
- 4) Fawell, J., K. Bailey, J. Chilton, E. Dahi, L. Fewtrell and Y. Magara, Fluoride in Drinking-water, WHO, IWA publishing, 2006