

牡蠣殻の水質浄化材への有効利用

小波石佳奈 川東龍夫

Oyster shell utilization as a water purification material

Kana Kobaishi¹ and Tatsuo Kawahigashi²

¹*School of Science and Engineering, Kindai University*

²*Science and Technology Research Institute, Kindai University,
Kowakae, Higashi-Osaka 577-8502, Japan*

(Received, March 14, 2019)

Abstract

We examined the physical and chemical characteristics of oyster shell for use as a water cleansing material. The layered structure of oyster shell consists almost entirely of calcium carbonate. Moreover, the eluted substances have no ions that adversely influence the human body. Application of the adsorption of ions in water as a water cleaning material is suggested for oyster shell.

Key words : oyster shell, water purification, ICP, XRD, XRF

I 緒言

水は、我々人間の命を支えている最も重要な資源である。特に「安全」な飲料水の確保は人々の健康や命の問題につながっている。実際に世界では、21 億人（世界人口の約 10 人に 3 人）が安全な水を自宅に入手できておらず、そのうち 8 億 4400 万人は基本的な飲み水さえ入手できていない⁽¹⁾。さらにこのうち 2 億 6300 万人は往復 30 分を超える時間をかけて水を汲まなくてはならず、1 億 5900 万人は河川や湖などの地表水からの未処理の水を飲んでいる。しかし、これらの貴重な水には病原菌が潜んでおり、感染症にかかる人が続出している。また地下水にはフッ素や鉄、マンガンなどの

有害物質が含まれ⁽²⁾、鉱山周辺ではヒ素までもが流出しており、環境汚染に起因する病気により命を落とす人も多くいる。

このような世界的問題に対して支援する多くの団体が継続的に安全な水を提供し続けることは容易なことではない。実際、設置した施設が適切に稼働せず、浄水できていなかったという報告もある。そこで、可能な限り容易な方法で汚染水を浄化できないかと考え、着目したのが、海洋資源廃棄物の一つである牡蠣殻の有効利用である。

地球規模的な水の供給と廃棄物利用の観点から、本研究ではわが国で廃棄物として年 10 数万トンも排出される牡蠣殻について実験的な検討を行ったものである。

II 概要、結果と考察

II-1 物理-化学的特性に関する概要

1 使用材料

牡蠣殻はすでに洗浄処理が施されたもので、1 mm 程度の粒径に粉砕されているものをさらに 150 μm ほどに粉砕して使用した。蒸留水はキシダ化学株式会社のものを使用した。

2 実験内容

今回は主に牡蠣殻そのものの物理的・化学的特性を分析することを目的に行った。

3 牡蠣殻の構造

低真空 SEM を利用し、牡蠣殻粉末の構造を観察した。

分析条件は次の通り。

X 線 : 15 kV · 30 Pa。

4 牡蠣殻の成分分析

1) 牡蠣殻粉末とセルロースパウダーを 1:1 の割合で混合し、この混合粉末および炭酸カルシウム、セルロースパウダーの 3 種類を粉末 X 線でそれぞれ分析した。

分析条件は次の通り。

X 線 : 30 kV · 15 mA、走査範囲 : 5.0~60.0 °、スキャンスピード : 20.0 ° /min.。

2) 牡蠣殻粉末 2.0 g を加圧成形した試料を用い、3 点の同一試料を蛍光 X 線で測定し、含有元素の定性分析を行った。

測定条件は次の通り。

定性範囲 : B~U、測定径 : 20 mm

3) 牡蠣殻粉末 1.001 g を 100 ml の蒸留水に分散し 24 時間静置したのち、濾過した。このろ液 (牡蠣殻溶出液) と蒸留水をそれぞれマイクロキャリーに 50 μl 滴下し試料を作成した。このときの試料は 3 点ずつ用意し、これらを蛍光 X 線で分析し、牡蠣殻から溶出した元素の定性を行った。

測定条件は上に同じ。

表 1 : 蛍光 X 線 測定条件

スペクトル	kV · mA	走査範囲(deg)
Heavy	50 · 60	5~90
Ca-KA	40 · 75	110~116
K-KA	40 · 75	133~140
Cl-KA	30 · 100	90~96
S-KA	30 · 100	107~114
P-KA	30 · 100	137~144
Si-KA	30 · 100	106~112
Al-KA	30 · 100	140~148
Mg-KA	30 · 100	35.31~41.31
F-KA	30 · 100	71.878~77.878
O-KA	30 · 100	47.1~55.1
N-KA	30 · 100	41.318~55.318
C-KA	30 · 100	24.012~42.012
B-KA	30 · 100	42.342~62.342
Na-KA	30 · 100	43.552~49.552

4) ICP-OES を用いて、ろ液および蒸留水中の元素を定性した。

測定条件は次の通り。

プラズマ : RF パワー 1150 W、

ガス流量 : パージガス流量 Normal

補助ガス流量: 0.5 L/min

ネブライザーガス流量 0.5 L/min

クーラントガス流量 12L/min

ネブライザーガス圧 220 kPa

ペリスタルポンプ : ポンプスピード 50 rpm

5) 牡蠣殻粉末および牡蠣殻溶出液の蛍光分析結果より溶出されず牡蠣殻に残留した元素の強度を算出した。

II-2 結果と考察

1 物理的特性

牡蠣殻は図より層状になっていることが確認できた。牡蠣殻は外側から殻皮、稜柱層、葉状層またはチョーク層が混在する層の多層構造となっている。殻皮は有機物のみでできており、タンパク質が主成分となっている。稜柱層は炭酸カルシウムとコンキオリンと呼ばれるたんぱく質で構成されている。葉状層とチョーク層は緻密で硬くなっており、外部からの浸食や破壊から中身を守ることが可能となっている。

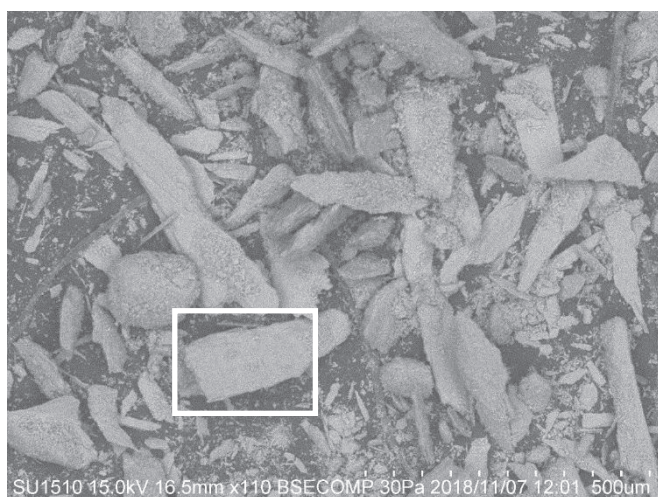


図 1 牡蠣殻粉末の広域像 (110 倍)

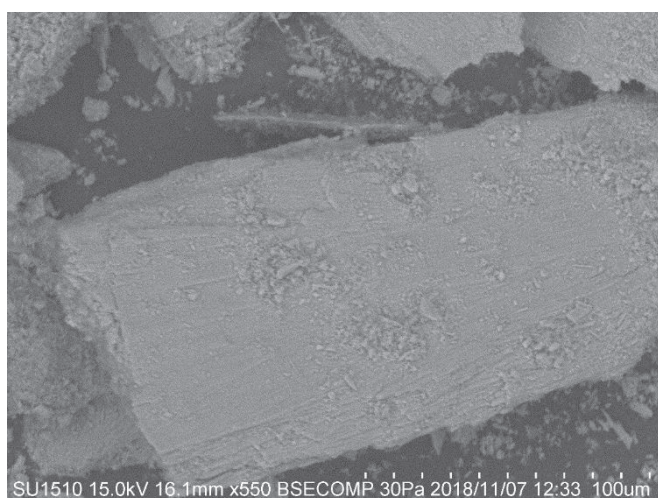


図 2 牡蠣殻粉末の拡大像(図 1 の白枠部分 550 倍)

2 化学的特性

1) 粉末 X 線で牡蠣殻とセルロースの混合粉末および炭酸カルシウム、セルロースを解析した。その結果を図 3 に示す。

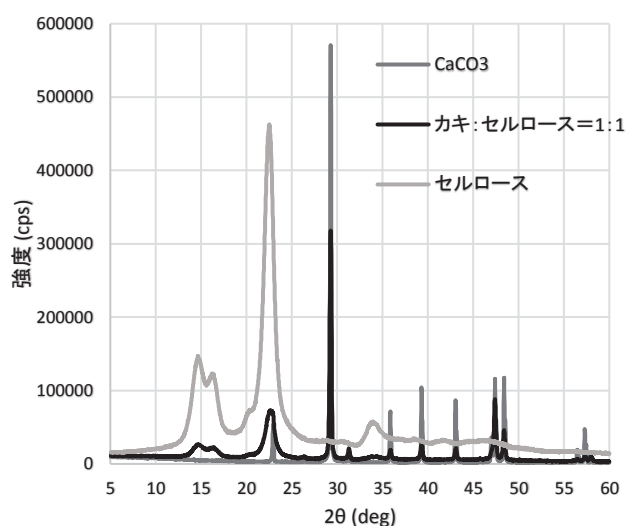


図 3 牡蠣殻の粉末 X 線 (XRD)

炭酸カルシウムとセルロースのピークがそれぞれ混合粉末にも表れており、牡蠣殻は炭酸カルシウムとよく一致していることから、牡蠣殻の主成分は炭酸カルシウムであると考えられる。

2) 蛍光 X 線での測定結果を表 1 にまとめた。牡蠣殻粉末を分析した結果、カルシウムのピーク強度が最も強く表れており、そのほか、ストロンチウム、炭素、硫黄、酸素、ケイ素、鉄、リン、アルミニウム、マグネシウム、カリウム、ナトリウム、ニッケルが含まれているという結果が得られた。(ロジウムは X 線管に使用されている Rh に由来している。)

3) 牡蠣殻から溶出したと考えられる元素は、鉄、カルシウム、塩素、硫黄、ケイ素、マグネシウム、クロム、ナトリウム、酸素という結果が得られた。

溶液の ICP 結果を表 2 と 3 に示す。ICP の結果によると牡蠣殻から溶出した元素にはカルシウム、炭素、酸素、ナトリウム、マグネシウム、ケイ素、バリウム、ストロンチウムが含ま

れていた。ICP 結果からもわかるように人体に影響のある元素は認められなかった。

4) 蛍光 X 線分析により分析された結果から牡蠣殻に残留した元素の強度をそれぞれ算出したところ、カルシウムが微量ながら溶出しているだけで、ほとんどの元素が溶出することなく、

牡蠣殻に残留しているという結果となった。

以上の結果から、静水中における牡蠣殻からその成分が溶け出すことはなく、人体にも環境にも影響を与えることはないものとする。

表 2 蛍光 X 線 (XRF) ピーク位置とピーク強度の平均および牡蠣殻に残留した元素のピーク強度

線種	かき粉末平均		かき溶出平均		蒸留水 平均		(かき溶出-蒸留水) 残留	
	ピーク位置 (deg)	ピーク強度 (kcps)	ピーク位置 (deg)	ピーク強度 (kcps)	ピーク位置 (deg)	ピーク強度 (kcps)	ピーク強度 (kcps)	ピーク強度 (kcps)
Ba-KA	—	—	10.932	1.014	10.921	1.153	-0.140	
Rh-KA	17.537	69.216	17.542	67.853	17.542	68.561	-0.709	69.216
Sr-KA	25.124	34.862	—	—	—	—		34.862
Br-KA	—	—	29.949	0.935	29.929	0.815	0.120	
Ga-KA	—	—	38.865	0.388	38.877	0.391	-0.003	
Zn-KA	—	—	41.767	0.327	41.770	0.382	-0.055	
Cu-KA	—	—	45.016	0.624	44.999	0.465	0.159	
Ni-KA	48.757	0.467	48.680	0.785	48.694	0.796	-0.011	0.467
Fe-KA	57.650	4.097	57.634	3.417	57.631	3.178	0.239	3.858
Mn-KA	—	—	—	—	63.106	0.170	-0.170	
Cr-KA	69.542	1.104	69.538	0.867	69.548	0.743	0.123	0.980
Ti-KA	—	—	86.115	0.292	86.115	0.275	0.017	
Ca-KA	113.103	1854.131	113.106	0.626	113.104	0.231	0.395	1853.736
K-KA	136.688	0.973	136.591	0.119	136.691	0.129	-0.010	0.973
Cl-KA	92.858	0.527	92.796	0.090	92.800	0.089	0.002	0.525
S-KA	110.750	10.483	111.015	0.040	111.055	0.032	0.008	10.475
P-KA	141.111	3.484	—	—	—	—		3.484
Si-KA	109.064	3.955	109.142	0.086	109.115	0.072	0.014	3.942
Al-KA	144.801	3.408	—	—	—	—		3.408
Mg-KA	38.261	1.499	38.457	0.206	38.343	0.113	0.093	1.406
Na-KA	46.502	0.896	46.610	0.010	46.622	0.006	0.004	0.892
O-KA	51.058	5.376	51.050	7.438	51.051	7.413	0.025	5.351
C-KA	32.927	16.555	32.894	65.042	32.893	65.417	-0.374	16.555

表 3 ICP 定性分析結果 各元素の強度

	かき 平均強度 (kcps)	蒸留水 平均強度 (kcps)	(かき溶出-蒸留水) (kcps)
Li 670.784 [50] (ラジアル)	0.012		0.0115
Be 313.042 [108] (アキシャル)	0.166	0.153	0.0130
B 249.773 [135] (アキシャル)	0.327	0.017	0.3097
C 193.091 [475] (アキシャル)	22.384	2.839	19.5457
N 174.272 [493] (アキシャル)	7.499	7.995	-0.4967
Na 588.995 [57] (ラジアル)	24.179	17.023	7.1563
Mg 279.553 [120] (ラジアル)	35.325	0.067	35.2583
Al 167.079 [502] (アキシャル)	0.287	0.002	0.2850
Si 251.611 [134] (アキシャル)	2.953	0.164	2.7893
S 180.731 [486] (アキシャル)	0.986	0.005	0.9807
P 177.495 [490] (アキシャル)	0.070	0.002	0.0680
S 182.034 [485] (アキシャル)	0.603	0.004	0.5983
Ar 404.442 [83] (アキシャル)	158.359	163.537	-5.1780
K 766.490 [44] (ラジアル)	0.397	0.021	0.3763
Ca 393.366 [86] (ラジアル)	3435.420	11.998	3423.4227
Sc 361.384 [93] (アキシャル)	0.040	0.043	-0.0027
Ti 334.941 [101] (アキシャル)	0.288	0.034	0.2540
Cr 267.716 [126] (アキシャル)	0.024	0.011	0.0127
Mn 257.610 [131] (アキシャル)	0.307	0.001	0.3057
Fe 259.940 [130] (アキシャル)	0.167	0.011	0.1557
Co 238.892 [141] (アキシャル)	0.000	0.008	-0.0083
Ni 341.476 [99] (アキシャル)	0.048	0.038	0.0100
Cu 324.754 [104] (アキシャル)	0.326	0.079	0.2463
Zn 213.856 [458] (アキシャル)	0.124	0.027	0.0970
As 189.042 [478] (アキシャル)	0.002	0.002	-0.0003
Se 196.090 [472] (アキシャル)	0.002	0.001	0.0007
Ag 328.068 [103] (アキシャル)	0.012	0.005	0.0070
Au 267.595 [126] (アキシャル)	0.040	0.039	0.0013
Ba 455.403 [74] (アキシャル)	2.729	0.579	2.1497
W 239.709 [141] (アキシャル)	0.004	0.006	-0.0023
Sr 407.771 [83] (アキシャル)	155.459	0.339	155.1203
Mo 202.030 [467] (アキシャル)	0.007	0.003	0.0043
Ru 267.876 [126] (アキシャル)	0.016	0.015	0.0010
Rh 343.489 [98] (アキシャル)	0.080	0.079	0.0010
Cd 228.802 [447] (アキシャル)	0.006	0.006	0.0000
Cd 226.502 [449] (アキシャル)	0.007	0.007	0.0000
In 451.131 [75] (アキシャル)	6.767	7.167	-0.4000
Sn 189.989 [477] (アキシャル)	0.003	0.001	0.0020
Sn 283.999 [119] (アキシャル)	0.004	0.005	-0.0017
Sb 217.581 [455] (アキシャル)	0.000	0.000	-0.0003
Te 238.578 [141] (アキシャル)	0.013	0.009	0.0033
I 178.276 [489] (アキシャル)	0.023	0.001	0.0217
Pt 265.945 [127] (アキシャル)	0.013	0.010	0.0027
Hg 184.950 [482] (アキシャル)	0.008	0.008	0.0000
Pb 220.353 [453] (アキシャル)	0.006	0.003	0.0033

II-3 金属の牡蠣殻への吸着

1 使用材料

牡蠣殻はすでに洗浄処理が施されたもので、1 mm 程度の粒径に粉碎されているものをさらに粉碎し、850 μm、300 ~ 850 μm、150 ~ 300 μm、150 μm の 4 種類の大きさに分類し使用した。蒸留水はキシダ化学株式会社のものを、リン、カルシウム、スズの標準溶液(1000 ppm)は和光純薬工業株式会社のものを使用した。

2 実験内容

2-1 検量線作成

リン、カルシウム、スズ標準溶液をそれぞれマイクロピペットで 0, 5, 10, 30, 50, 80, 100 μl 量りとり、100 ml メスフラスコでメスアップした。その後 ICP-OES で測定し、横軸に濃度、縦軸に強度をとり検量線を作成した。

ICP-OES の測定条件は次の通り。

プラズマ : RF パワー 1150 W、

ガス流量 : パージガス流量 Normal

補助ガス流量 0.5 L/min

ネブライザーガス流量 0.5 L/min

クーラントガス流量 12L/min

ネブライザーガス圧 220 kPa

ペリスタルポンプ : ポンプスピード 50 rpm

分析波長(nm) : P 177.495, 178.284

Ca 393.366, 396.847, 422.673,

317.933, 184.006

Sn 189.989, 283.999

2-2 牡蠣殻への吸着

1) 流水中における牡蠣殻への吸着

4 種類の大きさの牡蠣殻粉末 1.0 g をそれぞれ 3 点ずつ量りとり、約 2.5 cm 四方の不織布に投入した。これらをシリンジの底に設置し、牡蠣殻の流出を防ぐためにフィルターをシリンジの

先に付けた。その後、任意の濃度のリン、カルシウム混合溶液を約 20 ml 流し入れろ過した。ろ過前の金属溶液およびろ過後の溶液 12 点を ICP-OES でろ過前後の濃度を測定し、捕捉値を算出した。捕捉値は以下の式で求めた。

$$\text{式 : (捕捉値)} = (\text{初期濃度}) - (\text{ろ過後濃度})$$

ICP-OES の測定条件は上に同じ。

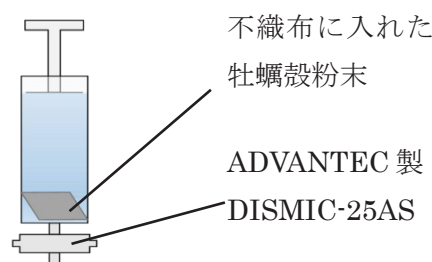


図-4 牡蠣殻のろ過概要

2) 静水中における牡蠣殻への吸着

1)同様に 4 種類の大きさの牡蠣殻粉末 1.0 g をそれぞれ 3 点ずつ量りとり、任意の濃度のリン、カルシウム混合溶液 100 ml にそれぞれ分散させ、24 時間静置させた。24 時間後、一度攪拌させ採水した溶液を ICP-OES で測定し、捕捉値を算出した。捕捉値は以下の式で求めた。

$$\text{式 : (捕捉値)} = (\text{初期濃度}) - (\text{24 時間後の濃度})$$

ICP-OES の測定条件は上に同じ。

実験条件は次の通り。

室温 : 26.2 °C、水温 : 24.3 °C

3) 静水中における牡蠣殻への吸着濃度変化

150 μm 粉末 1.0 g を 3 点量りとり、任意の濃度のリン、スズ混合溶液、約 100 ml にそれぞれ分散させた。その後、1, 2, 3, 6, 12, 24 時間後に各溶液から 5 ml を 3 点ずつ採水し、ICP-OES で測定した。

ICP-OES の測定条件および実験条件は上に同じ。

4) カルシウムの溶出濃度変化

3)と並行してのリン、スズ混合溶液へ牡蠣殻から溶出したカルシウムの濃度変化を測定した。

II - 4 牡蠣殻による吸着

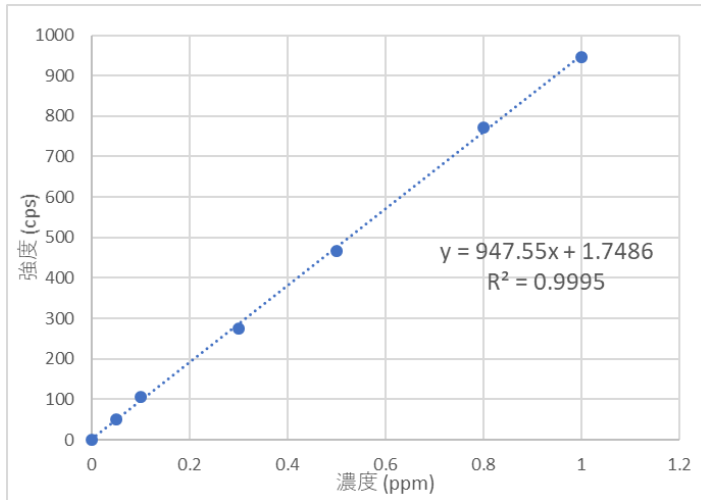


図 5 P 検量線 (ICP-OES) (分析波長: 177.495 nm)

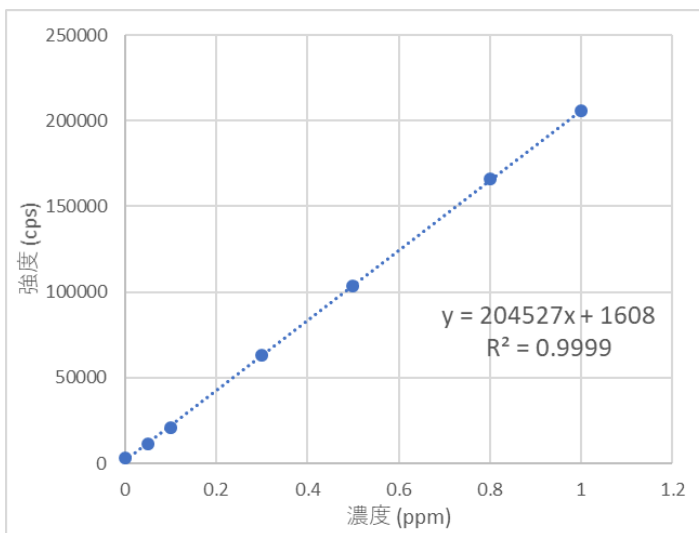


図 6 Ca 検量線 (ICP-OES) (分析波長: 422.673 nm)

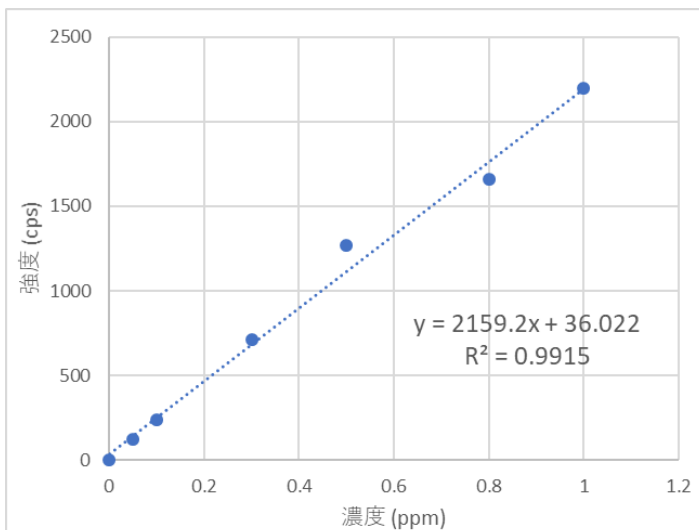


図 7 Sn 検量線 (ICP-OES) (分析波長: 189.989 nm)

4-1 検量線

作成した検量線は図 5~7 の通りである。この検量線をもとに今後の吸着実験の濃度決定を行った。

4-2 牡蠣殻への吸着

1) 流水中における牡蠣殻への吸着

ろ過前後の溶液の濃度を表 4 に示す。

表 4 流水中におけるろ過前後の濃度結果

粒の大きさ (μm)	No.	濃度 (ppm)	
		Ca 422.673 nm	P 177.495 nm
かきなし	(初期濃度)	1.721	1.986
150	1	12.150	1.978
	2	12.288	1.958
	3	15.055	1.897
	平均	13.164	1.944
	捕捉値	-11.443	0.042
150~300	1	15.135	1.830
	2	14.466	1.884
	3	15.284	1.876
	平均	14.962	1.863
	捕捉値	-13.241	0.123
300~850	1	14.374	1.793
	2	15.843	1.858
	3	15.829	1.743
	平均	15.349	1.798
	捕捉値	-13.628	0.188
850	1	10.887	1.897
	2	12.479	1.908
	3	11.836	1.863
	平均	11.734	1.889
	捕捉値	-10.013	0.097

カルシウムについては、牡蠣殻からの影響を受け、初期濃度から大幅に濃度が高くなるという結果が得られた。また濃度は粒の大きさに依存せず、300 ~ 850 μm の粒径のものが最も多く溶出していた。

リンについては、初期濃度の 2.11 ~ 9.47 % を牡蠣殻が捕捉しているという結果が得られた。またカルシウムと同様に濃度は牡蠣殻の粒の大きさに依存せず、300 ~ 850 μm のものが最も多く捕捉されていた。

2) 静水中における牡蠣殻への吸着

24 時間静置前後の溶液の濃度を表 5 に示す。

表 5 静水中における Ca と P のろ過前後の濃度

粒の大きさ (μm)	No.	濃度 (ppm)	
		Ca 422.673 nm	P 177.495 nm
かきなし	(初期濃度)	1.498	1.906
150	1	16.991	1.313
	2	17.069	1.135
	3	17.044	1.188
	平均	17.035	1.212
	捕捉値	-15.537	0.694
150~300	1	16.957	1.541
	2	16.843	1.540
	3	16.884	1.553
	平均	16.895	1.545
	捕捉値	-15.397	0.361
300~850	1	16.608	1.762
	2	16.550	1.749
	3	16.153	1.817
	平均	16.437	1.776
	捕捉値	-14.939	0.130
850	1	15.047	1.912
	2	14.937	1.898
	3	14.562	1.901
	平均	14.849	1.904
	捕捉値	-13.351	0.002

24 時間静置した場合、カルシウムは粒の大きさに関わらず、同程度の溶出量であった。牡蠣殻の主成分である炭酸カルシウムの水への溶解度は $1.5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ であり、水 100 ml へは 1.5 mg 溶解することになる。今回、牡蠣殻から溶出したカルシウムの濃度は平均すると 14.806 ppm であり、溶液 100 ml 中に 1.48 mg 溶解しているという計算になる。以上のことから、カルシウムの溶出は炭酸カルシウムの溶解度に依存していると考えられる。

続いて、リンは初期濃度の 0.11 ~ 36.4 % を牡蠣殻が捕捉しているという結果が得られた。また粒の大きさが小さいほど、表面積が大きくなるため、より多くのリンを捕捉していると考えられる。ゆえに牡蠣殻への金属の吸着は物理的吸着によるものと考えられる。

これらの結果を受け、より詳細に吸着の状態を知るために時間ごとの濃度変化を観察することにした。

3) 静水中における牡蠣殻への吸着濃度変化

0, 1, 2, 3, 6, 12, 24 時間後の溶液の濃度を表 6 に示す。はじめにスズについてであるが、1 時間後以降、溶液中に存在が確認されなかった。スズ、牡蠣殻の密度はそれぞれ 5.77 g/ml (α スズ)、2.0 g/ml であり、スズの沸点は 2602°C である。原因として、蒸発したとは考えにくいことから、採水方法、スズそのものの特性に影響を受けたものと推測される。

リンについては、最初の 1 時間の濃度変化が最も大きく、その後、一定の割合で濃度が下がっている。また図 8 から捕捉値と時間の関係が比例関係になっているという結果が得られた。

以上の結果から、スズについては検証の余地はあるものの、牡蠣殻は P 以外の重金属の吸着にも有効であると考えられる。

4) カルシウムの牡蠣殻からの溶出濃度変化

リン、スズ混合溶液に牡蠣殻から溶出したカルシウムの濃度変化を図9に示す。

はじめの1時間でほとんど溶出が完了していることが見て取れる。またこの時、溶液100 ml中には8.7~9.2 mgのカルシウムが溶解している。炭酸カルシウムの水への溶解度は水100 mlあたり1.5 mgであり、これを大幅に超えて溶解していることになる。この原因として、牡蠣殻を入れる前の混合溶液が酸性に傾いていたために基準を超えて溶解していた可能性が考えられる。

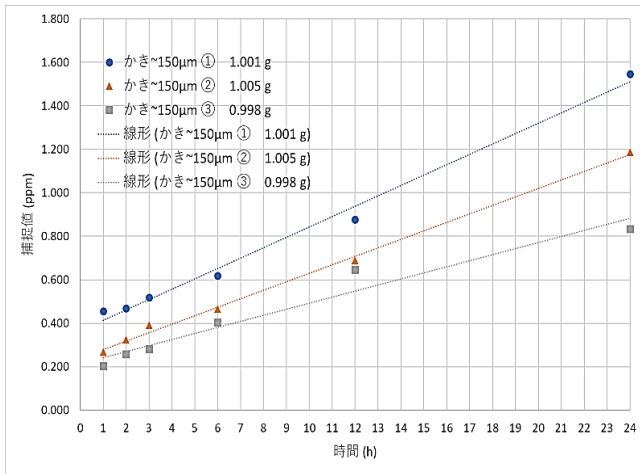


図8 Pの捕捉量変化

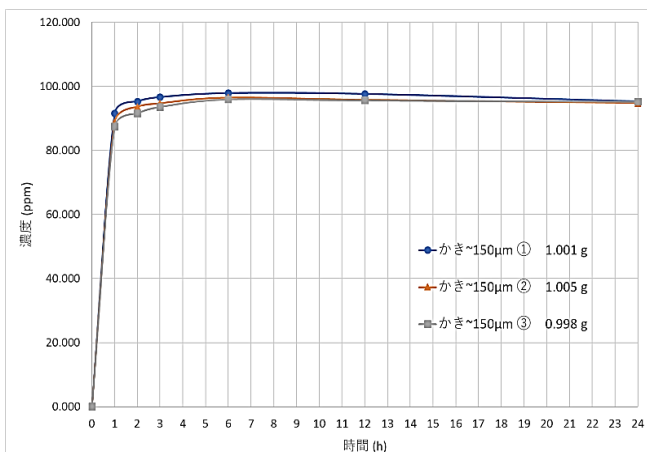


図9 Caの濃度変化

表6 Snの各時間における濃度、
平均値、捕捉値

濃度 (ppm)		かき 150μm ① 1.001 g		かき 150μm ② 1.005 g		かき 150μm ③ 0.998 g	
時間 (h)	No.	P 177.495 nm	Sn 189.989 nm	P 177.495 nm	Sn 189.989 nm	P 177.495 nm	Sn 189.989 nm
0	1	3.319	4.473	3.319	4.473	3.319	4.473
	2	3.291	4.083	3.291	4.083	3.291	4.083
	3	3.285	4.157	3.285	4.157	3.285	4.157
	平均	3.298	4.238	3.298	4.238	3.298	4.238
1	1	2.800	-0.009	3.024	-0.011	3.100	-0.009
	2	2.839	-0.013	3.030	-0.011	3.095	-0.010
	3	2.891	-0.014	3.044	-0.012	3.092	-0.010
	平均	2.843	-0.012	3.033	-0.011	3.096	-0.010
捕捉	0.455	—	0.266	—	0.203	—	
2	1	2.823	-0.013	2.985	-0.013	3.026	-0.013
	2	2.832	-0.015	2.982	-0.012	3.048	-0.013
	3	2.835	-0.014	2.962	-0.014	3.050	-0.014
	平均	2.830	-0.014	2.976	-0.013	3.041	-0.013
捕捉	0.468	—	0.322	—	0.257	—	
3	1	2.771	-0.014	2.917	-0.014	3.001	-0.014
	2	2.776	-0.014	2.881	-0.014	3.017	-0.014
	3	2.791	-0.015	2.929	-0.015	3.031	-0.014
	平均	2.779	-0.014	2.909	-0.014	3.016	-0.014
捕捉	0.519	—	0.389	—	0.282	—	
6	1	2.650	-0.009	2.824	-0.011	2.901	-0.011
	2	2.688	-0.010	2.847	-0.011	2.885	-0.010
	3	2.700	-0.009	2.833	-0.011	2.901	-0.010
	平均	2.679	-0.009	2.835	-0.011	2.896	-0.010
捕捉	0.619	—	0.464	—	0.403	—	
12	1	2.430	0.001	2.611	-0.002	2.637	-0.002
	2	2.414	0.002	2.610	-0.002	2.664	-0.003
	3	2.423	0.002	2.612	-0.002	2.656	-0.002
	平均	2.422	0.002	2.611	-0.002	2.652	-0.002
捕捉	0.876	—	0.687	—	0.646	—	
24	1	1.746	-0.004	2.288	-0.010	2.299	-0.005
	2	1.743	-0.002	2.103	-0.005	2.828	-0.005
	3	1.765	-0.003	2.122	-0.005	2.265	-0.006
	平均	1.751	-0.003	2.113	-0.007	2.464	-0.005
捕捉	1.547	—	1.186	—	0.834	—	

Ⅲ 結 論

牡蠣殻に関するいくつかの実験によって、以下のような結論が導かれた。

1) 広島産の牡蠣殻を用いて構造、成分分析を行ったところ、牡蠣殻は多層構造となっており、その主成分の殆どが炭酸カルシウムから成っていた。

2) 牡蠣殻の化学分析によって、溶出成分は人体に影響のある物質は含まれていなかった。よって環境にやさしい物質と考えられた。

3) 検討課題は残すものの、いくつかの化学成分の吸着実験によって、多くの化学成分の吸着の可能性と浄水材料への適用が考えられた。

参考文献

たとえば

(1) ”Progress on Drinking Water Sanitation and Hygiene 2017” , WHO, JMP, UNICEF

(2) 特定非営利活動法人 アジア砒素ネットワーク, 2019