

二酸化炭素による都市ごみ焼却飛灰の脱塩の検討

辰市祐久・長谷川明良・寺嶋有史・小泉裕靖

【要約】 都市ごみ焼却飛灰の効果的な脱塩方法について検討した。脱塩による残渣物の割合は元の重量の60%近くで、飛灰は、溶解成分が非常に多いことが分かった。水のみ脱塩の場合、溶液のpHは12程度で6時間後でもほとんど変化せず、塩化物イオン濃度も変化は少なかった。二酸化炭素を吹き込んだ場合、pHは炭酸イオンの生成により1~2時間後に6程度に低下していたが塩化物イオン濃度の変化は少なかった。脱塩は、固液比が小さく、二酸化炭素を吹き込んだ場合に最も効果的に進んだ。超音波や水温の効果は明確には見られなかった。

【目的】

一般廃棄物最終処分場の延命化のため、清掃工場から排出される焼却主灰をセメント原料化する試みが進められている。一方、焼却飛灰は塩素含量が焼却主灰より一桁多く¹⁾、セメント工場の受入量が特に制約を受ける。そのため、一部のセメント工場では飛灰を水洗して脱塩処理を行うことによりセメント原料としているが、全国の多くの飛灰処理はキレート剤を添加されたうえで埋立処分されているのが大部分と考えられる。そこで、飛灰を水洗浄するためには、どのような脱塩方法が効果的か検討した。

【方法】

試料は2か所(S工場, T工場)のストーカー式焼却炉において、キレート剤混入前の経路から採取した飛灰とした。脱塩試験は「JIS K 0058-1 スラグ類の化学物質試験方法-第1部: 脱塩量試験方法5 利用有姿による試験」に準拠して実施した。脱塩はガラス製の1L容器を用いて、表1, 2に示すように試料と精製水の固液比を3条件(5%, 10%, 20%)に設定した。さらに各条件で水に窒素ガス中10%の二酸化炭素を吹き込んだ場合、水に超音波をかける場合、二酸化炭素を吹き込みながら超音波をかける場合で脱塩を行った。また、脱塩の水温は常温(20℃)条件とガラス容器を温浴槽内に入れ50℃の条件で行った。攪拌時間10分、30分、1時間、2時間、3時間、6時間ごとにpHを測定し、さらに内溶液5mLをろ過し、ろ液の塩化物イオン(Cl⁻)を分析した。溶液上の二酸化炭素濃度は検知管で測定した。6時間後の混合液は5Bろ紙でろ過し、フィルター上の固形物を乾燥後、重量を測定して微粉碎した。固形物はNiton製エネルギー分散型蛍光X線装置を使用して、塩素などの元素含有量の分析を行った。また、ろ液中の金属濃度をアジレント製ICP-MSで分析した。

【結果の概要】

(1) 脱塩による残渣物の割合

脱塩後の残渣物重量比率はS工場(表1)、T工場(表2)とも各溶出条件で元の重量の60%近くであり、飛灰は水への溶解成分が40%程度と非常に多いことを示した。溶解する成分にはCl⁻、Na⁺、K⁺、Ca²⁺が考えられる。

(2) 脱塩によるpH、Cl⁻濃度、二酸化炭素濃度の変化

図1~図3, 図4~図6ではS工場の試料について、溶液のpH、ろ液のCl⁻濃度、溶液上の二酸化炭素濃度の時間変化を、水のみによる場合と、二酸化炭素を吹き込んだ場合について示した。図1~3の水のみの場合、pHは12程度で6時間後でもほとんど変化せず、Cl⁻濃度も変化は少なかった。図4~6の二酸化炭素を吹き込んだ場合、pHは炭酸イオンの生成により1~2時間後に6程度に低下していた。しかしpHが低下してもCl⁻濃度の変化は少なかった。

(3) 脱塩処理後の固形物中の塩素含有率

S工場の飛灰の塩素含有率は約20%あり、脱塩後の塩素含有率は固液比100g/500mlの一部で3%程度であるが、それ以外は大部分が2%以下になった。特に、二酸化炭素を吹き込み、固液比50g/1000mlで低くなる傾向があり、脱塩が効果的に進んだことを示していた。また塩素含有率は20℃より50℃のほうが低い傾向にある。超音波を加えた脱塩効果は水のみや、二酸化炭素を吹き込んだ場合とあまり変わらず、攪拌物の粘性が増したため、ろ過操作が煩雑となっていた。T工場の塩素含有率はS工場と同様2%以下の値が多いが、塩素含有率に対する水温の効果がS工場より明確に出ていなかった。二酸化炭素の吹き込みで塩素含有率が低くなるのは、焼却主灰の結果²⁾のように水洗で生成するフリーデル氏塩が二酸化炭素により分解されるためと考えられる。

(4) 脱塩後の溶液中の重金属

S工場の飛灰を20℃で脱塩したろ液中の金属濃度を溶液濃度×攪拌水量/使用した飛灰重量(mg/kg)として表5に示した。Mgでは、二酸化炭素の吹き込みでpHが11から6程度に低下したところで溶出量が多くなっていた。また、Mn, Co, Ni, Cu, Cd, Sbでもそうした傾向が見られた。Pbは逆にpHが高い水のみや水に超音波の攪拌条件で溶出量が多い。

表1 S工場脱塩後の残留物重量比率%

攪拌条件	固液比	20°C	50°C
水のみ	50g/1000ml	56.9	53.6
	50g/500ml	55.5	53.1
	100g/500ml	63.9	58.3
水に二酸化炭素	50g/1000ml	60.6	58.1
	50g/500ml	63.9	60.3
	100g/500ml	74.8	64.2
水に超音波	50g/1000ml	57.8	55.8
	50g/500ml	57.9	55.3
	100g/500ml	62.6	60.7
水に二酸化炭素と超音波	50g/1000ml	60.0	58.7
	50g/500ml	68.1	57.3
	100g/500ml	64.0	61.1

表2 T工場脱塩後の残留物重量比率%

攪拌条件	固液比	20°C	50°C
水のみ	50g/1000ml	53.5	55.7
	50g/500ml	54.5	57.6
	100g/500ml	61.7	61.9
水に二酸化炭素	50g/1000ml	59.2	60.5
	50g/500ml	60.5	65.5
	100g/500ml	67.7	65.9
水に超音波	50g/1000ml	52.8	56.1
	50g/500ml	56.4	56.7
	100g/500ml	60.8	60.6
水に二酸化炭素と超音波	50g/1000ml	57.3	61.5
	50g/500ml	58.5	63.8
	100g/500ml	61.5	61.6

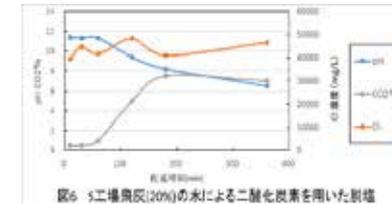
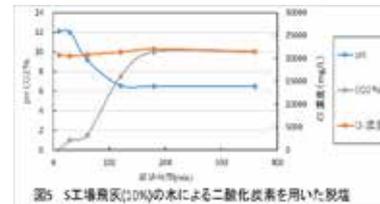
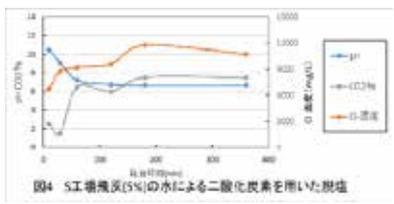
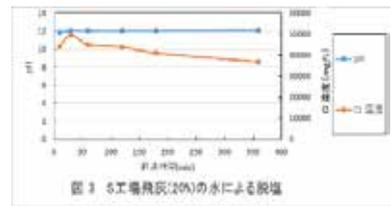
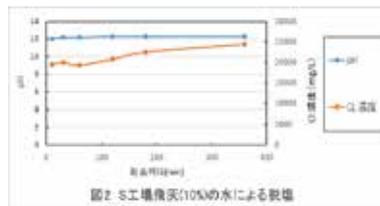
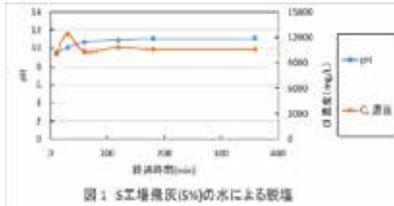


表3 S工場飛灰の塩素含有率%

攪拌条件	固液比	20°C	50°C
未処理		20.3	20.3
水のみ	50g/1000ml	1.9	1.4
	50g/500ml	1.8	1.2
	100g/500ml	2.9	1.6
水に二酸化炭素	50g/1000ml	0.4	0.2
	50g/500ml	1.7	0.5
	100g/500ml	2.8	1.0
水に超音波	50g/1000ml	1.8	1.2
	50g/500ml	3.0	1.7
	100g/500ml	3.3	3.5
水に二酸化炭素と超音波	50g/1000ml	0.6	0.2
	50g/500ml	1.6	2.1
	100g/500ml	3.2	1.2

表4 T工場飛灰の塩素含有率%

攪拌条件	固液比	20°C	50°C
未処理		21.5	21.5
水のみ	50g/1000ml	1.3	1.2
	50g/500ml	1.1	1.8
	100g/500ml	2.1	3.1
水に二酸化炭素	50g/1000ml	0.3	0.4
	50g/500ml	0.4	0.4
	100g/500ml	0.6	0.6
水に超音波	50g/1000ml	1.0	2.6
	50g/500ml	3.0	2.4
	100g/500ml	5.1	5.0
水に二酸化炭素と超音波	50g/1000ml	0.3	1.0
	50g/500ml	2.3	0.8
	100g/500ml	3.1	5.9

表5 S工場の飛灰(1kg)から溶出する金属重量(mg/kg)

攪拌条件	固液比	6時間後のpH	6時間後のpH												
			Mg/kg	Cr mg/kg	Mn mg/kg	Fe mg/kg	Co mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Sn mg/kg	Sb mg/kg	Pb mg/kg	
水のみ	50g/1000ml	11.1	8.30	30.5	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.20	281	0.00	0.59	0.10	99.9
	50g/500ml	12.3	5.56	24.9	0.00	0.66	0.01	0.01	0.13	122	0.00	0.02	0.06	68.7	
	100g/500ml	12.1	6.59	30.8	0.00	0.82	0.02	0.03	0.51	76.3	0.00	0.05	0.03	154	
水に二酸化炭素	50g/1000ml	6.7	1590	9.15	2.75	1.22	0.13	0.61	1.28	171	2.06	0.06	24.7	1.73	
	50g/500ml	6.5	4070	0.89	4.10	0.00	0.47	1.75	8.3	146	2.28	0.00	13.8	0.78	
	100g/500ml	6.5	5370	0.61	3.74	0.74	0.32	1.04	11.7	119	9.05	0.00	15.7	1.05	
水に超音波	50g/1000ml	11.2	10.2	27.6	0.01	1.99	0.00	0.11	0.65	234	0.00	0.03	0.15	26.7	
	50g/500ml	12.1	8.73	44.8	0.00	1.68	0.01	0.01	0.13	74.2	0.01	0.05	0.11	5.35	
	100g/500ml	11.6	7.69	5.34	0.01	1.20	0.02	0.03	0.09	49.3	0.00	0.01	0.04	31.4	
水に二酸化炭素と超音波	50g/1000ml	6.3	2230	108	5.56	2.01	0.23	0.74	2.04	51.0	1.44	0.04	55.2	0.24	
	50g/500ml	6.9	7510	0.37	4.41	0.77	0.48	1.55	6.38	99.2	2.27	0.01	22.4	1.09	
	100g/500ml	11.0	7.11	36.9	0.00	0.96	0.02	0.03	0.09	16.7	0.02	0.02	0.11	1.40	

参考文献

- 1) 太平洋セメント:都市ごみ焼却灰のセメント資源化システム,平成18年4月
- 2) 辰市祐久ら: 焼却主灰に含まれる金属類の物理的選別によるマスフローと脱塩処理について, 東京都環境科学研究所年報, pp6-13(2021)