

焼却残渣主体の埋立地における塩素の溶出挙動に関する研究

九州大学大学院 学生会員○趙 萍 津留真哉
九州大学大学院 正会員 島岡隆行 崎田省吾

1. はじめに

現在、最終処分場の残余容量不足は深刻である。そこで、最終処分場において埋立てられた焼却残渣をセメント原料とする有効利用が求められている。しかし、焼却残渣のセメント原料化の最大の課題は、焼却残渣に高濃度に含有されている塩素である。したがって、埋立処分された焼却残渣のセメント原料化を実現させるためには、埋立地における塩素の溶出挙動を把握することは重要である。

そこで本研究では、焼却残渣主体の埋立地における塩素を中心とした無機塩類の溶出挙動を解明することを目的として、実埋立地における埋立後の経過年数が異なる地点において現状調査を実施し、無機塩類等の濃度分布を調査するとともに、その溶出特性について検討した。

2. 調査方法

2.1 調査埋立地の概要

本最終処分場の浸出水処理水は、併設されている焼却処理施設において排ガス減温水として循環使用されている。埋立地の受け入れ廃棄物は、焼却灰、薬剤処理固化飛灰、不燃破砕物で、それらの比率は65:20:15(湿潤質量割合)である。1989年度に供用開始され、まず埋立層厚約2.5mで1層目を埋立て、1998年度より2層目を埋立てている。現在、総埋立容量の約半分の埋立が終了している。

2.2 サンプルング方法

サンプリングは、2003年夏期に、図-1に示すA~Iの9地点で行った。バックホウで掘削し、深さ方向に数点で試料を採取した。本研究ではその内、主集水管が敷設されている中央付近のB、E、Iの3地点を対象として検討した。また、焼却処理施設から排出された焼却灰、処理飛灰、および不燃破砕物も同時に採取した。B、E、I地点を含む埋立地断面図を図-2に示す。それぞれの採取深さは、B地点で0m、-0.5m、-1mで、E地点とI地点で0m、-0.5m、-1m、-2m、-3m、-4mであった。各地点とも掘削に伴い、底部には水面が現れたことから、埋立層内には図-2に示すように浸出水が滞水していた。また、聞き取り調査により、採取した試料は、B地点が埋立後6~7年、E地点が約2年、I地点が約5年経過していることが判明した。E地点では掘削中にアンモニア臭が確認され、また埋立層内の温度は深さに伴い上昇し、深さ2mでは63.2℃に達していた。

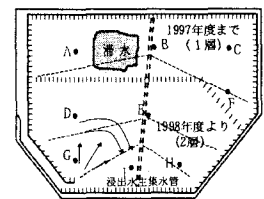
2.3 分析方法

採取した試料について、自然含水率測定、組成分析、粒度試験、溶出試験(環境庁告示第46号法試験:JLT46)、成分試験およびX線回折(XRD)分析を行った。ただし、塩素については、全塩分と可溶性塩分は硬化コンクリートに含まれる塩分の分析方法(JCI-SC4)¹⁾に準拠して行った。測定・分析項目は、pH、EC、ORP、Na、K、Mg、Ca、Pb、T-Cr、Zn、Cl⁻、SO₄²⁻、TOC、T-N、NH₄⁺-N、NO₂⁻-N、NO₃⁻-Nである。

3. 結果と考察

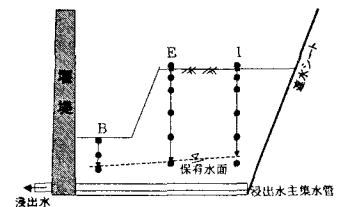
3.1 塩素の含有量

図-3には、B、E、I地点における可溶性塩分、不溶性塩分(全塩分・可溶性塩分)の深さ方向の含有量分布を示す。B地点(埋立後6年以上経過)とI地点(同5年以上)において、全塩分は2%以下であり、その半分以上は不溶性塩分であった。また、E地点(同約2年)では、全塩分はまだ10%高く、その半分以上は可溶性塩分であった。一方、B地点では、雨水の浸透により埋立地上層の方が、下層よりも塩素含有量は低いと考えられるが、B地点の埋立層厚は約2.5mと小さく、また降雨



●: 採取地点(A~I)

図-1 埋立地平面図



●: 採取深さ(上より0.05、1.2、3、4m)

図-2 埋立地断面図および水位線

による保有水面の変動に伴い下層の塩素が洗い出しを受け、下層の塩素含有量が上層より小さくなっているものと考えられる。I、E 両地点では、概ね深くなるにしたがって全塩分、および可溶性塩分の含有量が高くなる傾向を示している。このことから、雨水浸透に伴う洗い出しによって、塩素の溶出が進行していたことが考えられる。

3. 2 X線回折による埋立廃棄物中の塩素の化学形態

埋立廃棄物中の塩素の化学形態を同定するため、埋立地におけるB、E、I地点の試料についてXRD分析を行った。

図-4に示すのは、E地点の各深さにおけるX線回折結果である。B、E、I地点全ての試料においては不溶性であるフリーデル氏塩（Friedel's salt: $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCl_2 \cdot 10H_2O$ ）が同定された。また、Hydrocalumite（ $Ca_2Al(OH)_6Cl \cdot 2H_2O$ ）が存在していることも認められたため、不溶性塩分中には他の塩化物を含んでいることがわかった。表-1には不溶性塩分の含有量とフリーデル氏塩のメインピーク（ $11.2^\circ 2\theta$ ）のX線強度を示す。表-1より、それぞれの地点においては、不溶性塩分の含有量とフリーデル氏塩のX線強度（以下、X線強度）には相関があることが認められた。B地点で相関係数は0.90であり、E地点では0.80である。I地点では0.01であったが、I地点の3mと4mにおけるpH（9.6と10.7）は他地点におけるpH（11.0~12.0）より低いため、フリーデル氏塩の分解が進行しており²⁾、X線強度はかなり低いと考えられる。このことから、3mと4mを除いた相関係数は0.98となった。一方、3地点を比較すると、まずB地点とI地点の埋立年数はかなり近く、不溶性塩素の含有量もほぼ同じ範囲（1%以下）であるが、B地点におけるX線強度は1000cps前後に対して、I地点におけるX線強度は550cps以下であり、かなり大きな差がある。また、E地点の埋立年数（2年）は短く、不溶性塩素の含有量はB、I地点よりも大きい、X線強度は800cps前後であった。したがって、各地点の埋立状況によりフリーデル氏塩の不溶性塩分に占める割合は異なっていると考えられる。

4. まとめ

本研究では、焼却残渣主体の埋立地における塩素を中心とした無機塩類の溶出挙動を解明することを目的として、実埋立地において塩素に関する現状調査を実施した。得られた結果を以下に示す。

- 1) B地点とI地点（埋立後5年以上）において、全塩分は2%以下であり、その大半が不溶性塩分であった。また、E地点（同約2年）では、全塩分は10%前後であり、その半分以上は可溶性塩分であった。
- 2) B、E、I地点では、それぞれ不溶性塩分の含有量とフリーデル氏塩のX線強度には相関があることが認められた。
- 3) 各地点の埋立状況により、フリーデル氏塩の不溶性塩分に占める割合は異なると考えられる。

【参考文献】1) (社) 土木学会編：硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法（JCI-SC4）、コンクリート標準示書[規準編]、平成11年版

2) 佐伯竜彦：コンクリートの中性化-塩害複合劣化進行予測手法の開発、日本コンクリート工学協会

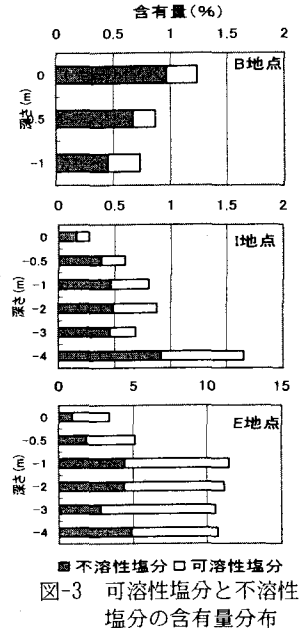


図-3 可溶性塩分と不溶性塩分の含有量分布

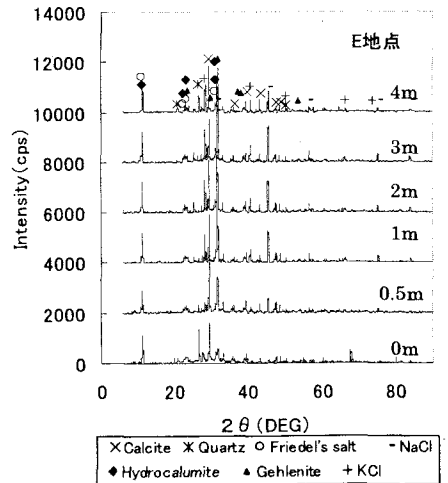


図-4 各深さにおけるX線回折結果

表-1 3地点における不溶性塩分、pHとフリーデル氏塩のX線強度

地点	pH	不溶性塩分(%)	フリーデル氏塩(cps)
B-0m	11.5	0.97	1384
B-0.5m	11.4	0.67	1223
B-1m	11.6	0.45	832
E-0m	12.0	0.89	545
E-0.5m	11.9	1.87	694
E-1m	11.9	4.43	829
E-2m	12.1	4.37	804
E-3m	11.9	2.83	811
E-4m	11.5	4.85	825
I-0m	11.0	0.16	60
I-0.5m	11.2	0.38	327
I-1m	11.4	0.47	540
I-2m	11.3	0.49	544
I-3m	9.6	0.46	36
I-4m	10.7	0.91	44