

埋立処分地でのカルシウムスケールによるフッ素および
ホウ素の鉱物生成的取込・吸着除去メカニズムの解明
**Mineralogical incorporation and adsorption mechanisms of fluorine
and boron into calcium scale in landfill site**

島岡 隆行¹, 江藤 次郎¹, 高橋 史武¹, 小宮 哲平², 張 瑞娜¹,
叶 琢磨³, 福井 晋平³, 森田 飛鳥³

Takayuki Shimaoka¹, Jiro Etoh¹, Fumitake Takahashi¹, Teppei Komiya², Ruina Zhang¹,
Takuma Kanou³, Shinnpei Fukui³ and Asuka Morita³

¹九州大学大学院工学研究院環境都市部門

²九州大学大学院工学研究院附属循環型社会システム工学研究センター

³九州大学大学院工学府都市環境システム工学専攻

¹Department of Urban and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu University

²Research Institute of Environment for Sustainability, Faculty of Engineering, Kyushu University

³Department of Urban and Environmental Engineering, Graduate School of Engineering,
Kyushu University

都市ごみ焼却灰埋立地における浸出水中のフッ素対策のため、浸出水より沈殿したカルシウムスケールに着目し、フッ素の除去機構の解明を試みた。カルシウムスケール中には Calcite (CaCO₃) および Aragonite が同定されたが、(フルオロ) アパタイト類の痕跡は見出せなかった。カルシウムスケール中のリンはアパタイトとしてではなく、非晶性リン酸カルシウム (ACP) として存在しており、アパタイト形成までは進んでいないことが示唆される。これよりフッ素の除去については、フルオロアパタイトの生成による鉱物学的取り込みではなく、炭酸カルシウム、リン酸カルシウムへの吸着に留まっていることが強く示唆された。

キーワード： 環境負荷低減技術、フッ素、カルシウムスケール、アパタイト

【背景と研究目的】

近年、フッ素およびホウ素の環境基準値を新たに設ける機運にあり、埋立地浸出水中のフッ素、ホウ素対策が早急に求められる。埋立地によって浸出水中のフッ素濃度が大きく異なる現象が見受けられており、埋立廃棄物中のフッ素含有量の違いに拠るものか、溶出したフッ素が何らかの要因によって埋立地内に留まっていることが考えられる。埋立廃棄物の主体である焼却残渣は概ね同程度のフッ素を含有していることから、フッ素の除去機構が埋立地内にあると考え、浸出水中のカルシウムスケールに着目することとした。つまりカルシウムスケールそのもの、ないしはリン酸と反応してアパタイト化したものに吸着、ないしはフルオロアパタイト等の鉱物生成による除去機構である。特にフルオロアパタイトの生成による除去は、そのフッ素固定能が極めて大

きいことから極めて有用である。ただし、カルシウムスケール中の（フルオロ）アパタイトはその含有量が小さいことから、一般的な XRD 装置ではその分析が極めて困難であった。そこで、本研究では SPring-8 による放射光 XRD 解析を行い、カルシウムスケール中の（フルオロ）アパタイトの生成を確認することを目的とした。

【実験】

試料は都市ごみ焼却残渣埋立地からの排水より沈殿したスケール、都市ごみ焼却残渣、およびフッ素を添加したヒドロキシアパタイト試料とした。スケールおよび焼却残渣は組成が不均一であるため数試料を測定し、平均的な組成を得た。また、ヒドロキシアパタイト試料はフッ素を異なる比率で添加した試料を測定し、これをフッ素添加量と回折線のシフト量の関係を得るためのスタンダードとした。測定時の波長は 1.0\AA 、照射時間は 5 分とした。

【結果および考察】

カルシウムスケール中には Calcite (CaCO_3) および Aragonite (CaCO_3) が同定された (図 1 参照)。ただし、研究計画で期待していた（フルオロ）アパタイト類の痕跡は見つけれなかった。カルシウムスケール中のリンはアパタイトとしてではなく、非晶性リン酸カルシウム (ACP) として存在しており、アパタイト形成までは進んでいないことが示唆される。これよりフッ素の除去については、フルオロアパタイトの生成による鉱物学的取り込みではなく、炭酸カルシウム、リン酸カルシウムへの吸着に留まっていることが強く示唆された。

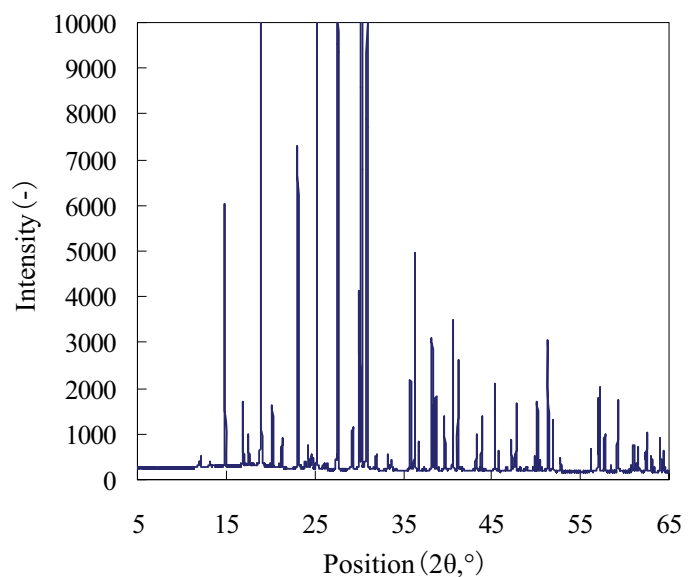


図 1 カルシウムスケールの XRD 測定結果

【今後の課題】

鉱物学的取り込みの場合はその強い固定能から、カルシウムスケールをフッ素除去材として有効に活用していくことが期待された。しかし吸着による除去が大きく関与している可能性が大きいことから、浸出水中の pH の変化、特に埋立焼却残渣の経年的炭酸化や酸性雨による pH の低下によって吸着したフッ素が再放出される可能性を検討せねばならない。

カルシウムスケールの全元素含有量分析、XGT ないしは SEM-EPMA による元素分布測定での結果がまだ得られていないので、フッ素の詳しい吸着形態を現段階で論じることは出来ないが、環境条件の変化によるフッ素再放出と併せて、今後検討していかねばならない。