

### 3. 花崗岩地域における土壤汚染のバックグラウンドに関する一考察 (特にふっ素について)

復建調査設計(株) ○小笠原洋・井上基・新見健・田尻宣夫・菅野雄一  
広島大学大学院理学研究科 北川隆司

#### 1. はじめに

ふっ素は本来、天然に広く分布している元素である。一般に、ふっ素は虫歯予防に効果があるなどと言われており、イメージ的にはあまり有害物質として扱われることのない元素である。濃度によっては斑状歯とよばれる慢性毒性症などを引き起こすことから、平成11年2月に「水質汚濁に係る環境基準」及び「地下水の水質汚濁に係る環境基準」にホウ素などとともに追加された。これをうけて、平成13年2月には「土壤の汚染に係る環境基準」にも追加されている。

ふっ素は、非鉄製錬業・鉄鋼業の製錬・製鋼プロセスの副生成物として得られるスラグ、石膏及びフルオロカーボンの排水処理過程で得られるフッ化カルシウム等に含まれている。また、土壤環境中に土木用・道路用資材、肥料及び土壤改良材等として意図的に投入されている。このような使用履歴がある土壤や周辺地盤では、ふっ素による汚染の可能性がある。しかし、花崗岩地域の土壤や地下水において、人的汚染の考えられない状況でも、上記基準の定める基準値0.8mg/Lを超過することがある。本稿では、花崗岩地域で実施された土壤汚染対策法に基づく調査事例をケーススタディとして、花崗岩とふっ素の関係についての検討を行う。

#### 2. 調査事例

今回報告する調査事例は、「土壤汚染対策法施行規則」に従って調査が行われた、花崗岩が広く分布するA地区とB地区である。ふっ素及びその化合物の分析は、「土壤溶出量調査に係る測定方法」(平成15年環告18号)、「土壤含有量調査に係る測定方法」(平成15年環告19号)に従い、溶出量と含有量を計量した。

・ A 地区

A地区は河川（巾約40m）に面した河川堆積物からなる平地で、その敷地内の工場では活性炭の洗浄作業が行われていた。調査対象地になったのは、土壌汚染が発生する可能性のあった施設（工場、洗浄室、重油タンク）周辺の3地点である。いずれの地点でも、表層から深度50cmまでの土壌をサンプリングし、公定法により分析を試みた。

分析の結果、ふっ素およびその化合物がいずれの調査地点でも検出された（表-1）。No.2地点で土壌溶出量基準値をわずかに超過し、No.1およびNo.3地点では下回った結果を示した。

表-1 調査結果

	No. 1	No. 2	No. 3	基準値
土壌溶出量 (mg/L)	0.7	0.9	0.5	0.8以下
土壌含有量 (mg/kg)	ND	100	ND	4000以下

・ B 地区

B地区は河川に面し、揮発性有機化合物・重金属等のどちらも使用履歴があった工場の跡地である。調査及び試料採取深度は、将来の河川改修を考慮して、河川の低水路を含む第一帯水層までとした。

分析の結果、ふっ素およびその化合物は表層付近で溶出量基準を超過したが、その他にも、GL-5m以深の低水路となる深度区間の一部で、ふっ素およびその化合物が溶出量基準を超過した（図-1）。

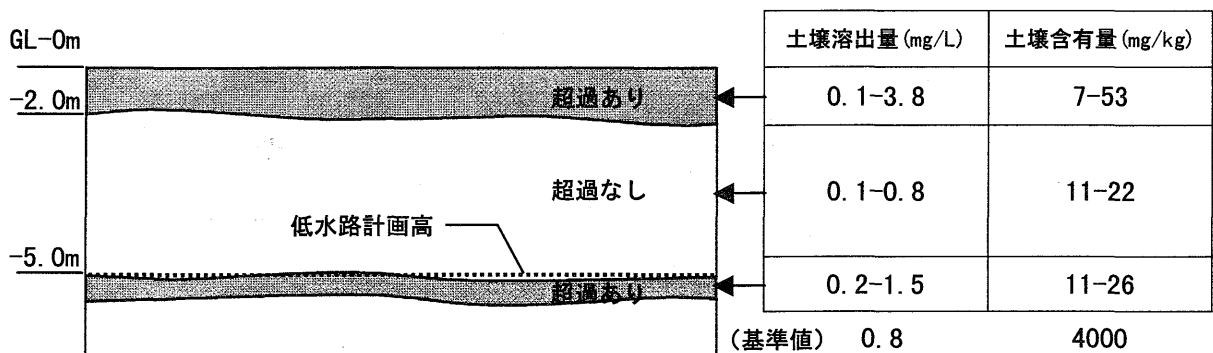


図-1 ふっ素及びその化合物の土壌溶出量分布

### 3. 自然由来の判定

A地区・B地区のどちらのケースにおいても、ふっ素およびその化合物が土壌溶出量基準をわずかに超過する地点が存在する結果となった。このうちB地区では、これが自然的原因により含まれるものであるかどうかの判定を行うための追跡調査として、1)工場跡地とその周辺の堆積物中の岩石種、2)X線粉末法によるふっ素を含む鉱物の有無、3)全量分析によるふっ素含有量を計測した。それぞれの結果を以下にまとめる。

- ・工場跡地内の地盤とその周辺の河川堆積物は、どちらも上流域に分布する花崗岩・花崗斑岩・粘板岩などの岩片とそれらの鉱物粒子からなり、工場跡地内特有の岩石種や鉱物は確認されなかった。
- ・工場跡地および周辺の河川堆積物を構成する鉱物は、斜長石・カリ長石・石英・角閃石・黒雲母・パーミキュライト・カオリンであった(図-2)。このうち、ふっ素を含みうる鉱物は黒雲母と角閃石である<sup>6)</sup>。
- ・「土壌汚染対策法の施行について(環水土第20号平成15年2月4日)、別紙1」が示す方法に従って全量分析を実施した結果、いずれの試料においても自然的原因による含有量の上限値の目安値となる700(mg/kg)を大きく下回った(表-2)。このうち、低水路付近で土壌含有値が最高であったサンプル1では、他のサンプルに比べ角閃石や黒雲母を多く含まれていた。その結果、ふっ素およびその化合物の溶出量値が高くなったものと推定される。

以上の結果から、B地区の土壌中にはふっ素を含みうる角閃石と黒雲母が広く分布しており、かつ、土壌中のふっ素含有量は自然的原因によるレベルであると判断される。そうだとすると、工場跡地内の低水路付近に含まれるふっ素は、自然由来による可能性が高い。

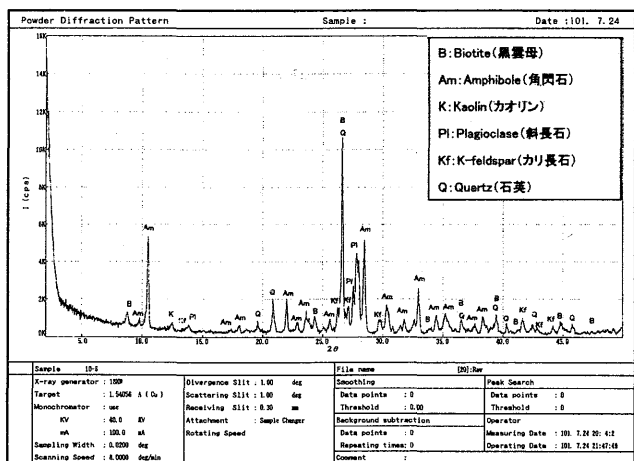


図-2 X線回折分析結果の例(サンプル1)

表-2 全量分析によるふっ素の含有量

試料番号	ふっ素含有量 (mg/kg)	自然的原因による含有量の上限値の目安
サンプル1	130	※ 700 (mg/kg)
サンプル2	30	
サンプル3	50	
サンプル4	40	
サンプル5	50	
サンプル6	60	
サンプル7	90	

※「土壌汚染対策法の施行について(環水土第20号平成15年2月4日)、別紙1」による

#### 4. まとめ

A地区とB地区の事例のように、花崗岩地域で土壤汚染対策法に基づく調査を実施した場合、ふっ素およびその化合物が土壤溶出量基準値を超過するケースがあることが明らかとなった。また、B地区での追跡調査によると、ふっ素を含みうる鉱物である角閃石・黒雲母が土砂中に存在していることが確認された。

花崗岩地域では、地下水中のふっ素濃度が基準値を超過することが多いと言われている。これも、角閃石や黒雲母などのふっ素を含みうる鉱物が岩石や土砂中に普遍的に存在するために、基準値を越えた値を示す可能性が考えられる。このように、土壤や地下水に含まれるふっ素は、花崗岩中のふっ素に由来することが考えられる。そこで、花崗岩中のふっ素含有量や、その溶出機構を明らかにすることが今後必要であろう。

今後の課題として、EPMA分析等を用いて角閃石や黒雲母中にふっ素がどの程度存在するか、また、そのふっ素が溶液中にどれだけ溶出するかを明らかにする必要がある。また、花崗閃緑岩などの鉱物組成の異なる花崗岩類や、山陰及び山陽型花崗岩類中のふっ素含有量などを明らかにすることによって、土壤や地下水の地域特性を明らかにする必要がある。

#### <引用文献>

- 1)昭和46・12・28環告59号(平12・3・29環告22改正):水質汚濁に係る環境基準について.
- 2)平成9・3・13環告10号(平11・2・22環告16改正):地下水の水質汚濁に係る環境基準について.
- 3)平成3・8・23環告46号(平13・3・28環告16改正):土壤の汚染に係る環境基準について.
- 4)平成14・12・26環告29号:土壤汚染対策法施行規則.
- 5)環境省環境管理局(2003):土壤汚染対策法の施行について(環水土第20号平成15年2月4日).
- 6)黒田吉益・諏訪兼位(1983):偏光顕微鏡と岩石鉱物〔第2版〕.共立出版.