

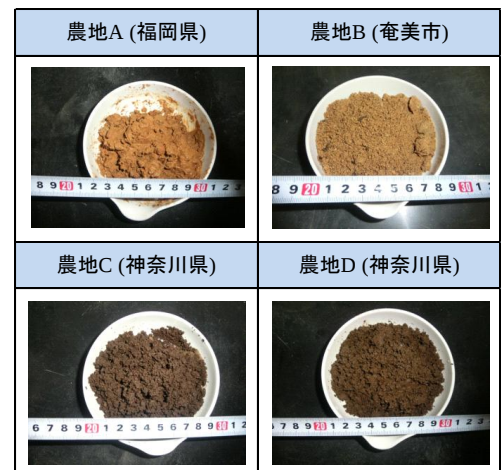
土質材料の違いが再生二水石膏のフッ素溶出特性に与える影響

福岡大学大学院 学生会員 松尾典映
福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 藤川拓朗 古賀 千佳嗣
国立環境研究所 正会員 肴倉宏史
石膏再生協同組合 非会員 市川 學 太田敏則

1. はじめに 現在、日本において循環型社会の形成や最終処分場の残余容量の延命化から産業廃棄物である廃石膏ボードのリサイクルが求められている。その為、廃石膏ボードを中間処理し、その過程に製造される再生石膏の普及が進められている。しかし、その普及が進まない要因の1つとして廃石膏ボードに含有しているフッ素が地盤内に溶出する恐れがあることが挙げられる^{1, 2)}。したがって、再生石膏から溶出するフッ素が地盤に与える影響を把握することは、廃石膏ボードのリサイクルを促進させていく上で重要な課題である。本研究では、廃石膏ボードから製造される再生二水石膏を粒状化させ、農業用地盤改良資材として実用化することを目的にしている。そこで、全国の農地への利用を考慮して、産地の異なる4種類の農地の土質材料を用い、農業用地盤改良資材としての環境安全性の検討を行った。各土質材料と再生二水石膏との混合時におけるフッ素溶出特性について、廃石膏ボードの製造年に着目して検討した結果について報告する。

2. 実験概要

表-1 4つの土質材料の写真



2-1 実験試料 著者らのこれまでの研究³⁾と肴倉ら¹⁾の報告によると、廃石膏ボードのフッ素含有量は製造年によって異なることが明らかになっている。その傾向は廃石膏ボードの製造年の経過に伴って、フッ素含有量は減少傾向を示すことが確認されている。そのため、廃石膏ボードのフッ素含有量の影響を考慮するために製造年(1982~2001年の期間に製造された廃石膏ボード)が異なる16種類の廃石膏ボードを用いた。各々の廃石膏ボードは、手作業で紙と石膏に分離した後に、回転式破碎混合混練機⁴⁾による粉碎、更に2mmのふるいによって夾雑物を取り除いた再生二水石膏を実験に用いている。また、今回は九州と関東の土質材料の違いによるフッ素の溶出・吸着特性を把握するため、4種類の農地の土(以降、農地A, B, C, Dとする)と再生二水石膏を混合し、再生二水石膏混合試料を作製した。表-1に4つの土質材料の写真、表-2に各土質材料の物理特性を示す。強熱減量に着目すると、農地A, Bに対して農地C, Dは高い値を示していることから、有機物の含有量が高いことが分かる。

表-2 各土質材料の物理特性

土質材料	土粒子密度 (g/cm ³)	自然含水比 (%)	細粒分含有率 (%)	強熱減量 (750℃)(%)	pH
農地A (福岡県)	2.79	18.90	64	6.8	5.49
農地B (奄美市)	2.66	14.50	23	7.5	6.61
農地C (神奈川県)	2.60	15.60	46	14.9	6.86
農地D (神奈川県)	2.69	26.20	71	15.6	6.93

2-2 実験方法 本検討では、土質材料の違いが再生二水石膏混合試料のフッ素溶出特性に及ぼす影響を把握するため、平成3年環境庁告示46号法試験(以下、環告46号試験)に準拠した方法で行った。ここで、再生二水石膏混合試料は、再生二水石膏を各土質材料の絶乾質量に対し10%添加している。この再生半水石膏添加率10%とは、農業用地において100年間再生二水石膏を農業用地盤改良資材として利用し続けた際の試算である⁵⁾。再生二水石膏単体及び再生二水石膏混合試料を液個比が10となるように混合し、6時間平行振とう後、遠心分離による上澄み液を濾過し、検液とした。フッ素の測定には、イオンクロマトグラフ(ダイオネクス社製 ICS-1000)により行った。

3. 実験結果及び考察 図-1に各土質材料を混合した再生二水石膏混合試料におけるフッ素溶出濃度と製造年の関係を示す。図中の実線は、フッ素土壌環境基準値0.8mg/lを示している。ここで、農地における重金属類の環境安全基準は土壌環境基準とは異なり、フッ素の項目は除外されている。しかし、多量にフッ素を含む化学肥料を使用したことが原因により、地下水や他の土壌へのフッ素汚染被害が深刻な問題として挙げられている⁶⁾。そのため、産業廃棄物である再生二水石膏を新たな農業用地盤改良資材として利用するためには、再生二水石膏から溶出するフッ素が周辺環境に影響を与えない安全な材料であることが求められて

いる⁵⁾。したがって、本検討では「人の健康の保護及び生活環境の保全のうえで維持されることが望ましい基準」である土壌環境基準を用いて考察する。全条件において廃石膏ボードの製造年代の経過に伴い、フッ素溶出量は減少していることが分かる。この傾向はこれまでの研究成果^{1,3)}と同様な傾向を示しており、これは石膏ボードの原材料として使用されるリン酸石膏の減少が要因の1つとして考えられている。また、土質材料の違いがフッ素吸着効果に及ぼす影響に着目すると、農地C、Dではフッ素土壌環境基準である0.8mg/lを満足する結果となっている。一方、農地A、Bではほとんどの条件において土壌環境基準を満足していない。つまり、同一の再生二水石膏を用いたとしても対象とする土壌によってフッ素溶出挙動は大きく異なることが明らかとなった。ここで、土壌によってフッ素溶出挙動が異なる要因を把握するため、各土質材料の細粒分含有率について着目し整理を行った。図-2に土質材料の細粒分含有率と再生二水石膏混合試料のフッ素溶出濃度の関係を示す。フッ素溶出濃度は細粒分含有率に関係なく、溶出していることが分かる。既存の研究では、細粒分に重金属類は吸着すると報告⁷⁾されており、その特性は汚染土壌における浄化技術対策として幅広く用いられている。しかし、細粒分含有率とフッ素吸着効果に一義的な関係は見られなかった。次に、図-3に土質材料の強熱減量と再生二水石膏混合試料のフッ素溶出濃度の関係を示す。強熱減量の増加に伴い、フッ素溶出濃度は減少していることが分かる。さらに、製造年が異なっても、同様な傾向を示している。このことから、本検討において各土質材料の強熱減量にフッ素溶出濃度が影響されていることから、土質材料に含有している有機物がフッ素を吸着し、フッ素溶出抑制効果を発揮したと考えられる。したがって、再生二水石膏混合試料から溶出するフッ素の挙動は、対象となる農地の土の細粒分含有率よりも強熱減量が重要と示唆される。今後は、有機物の中でも特に吸着効果に寄与している粘土鉱物(例えば、アロフェンやイモゴライト等)を同定していく必要があると考える。

4. まとめ 1)再生二水石膏混合試料から溶出するフッ素溶出挙動は、製造年の経過に伴い減少することが明らかとなった。2)土質材料の違いによってフッ素吸着効果は異なり、土質材料の細粒分含有率よりも強熱減量に大きく影響を受けることが示された。3)土質材料によっては、再生二水石膏と土質材料を混合することにより溶出するフッ素が土壌環境基準を満足することが明らかになった。

参考文献 1)肴倉ら：廃石膏ボード20試料の微量元素組成と溶出特性の類型化，第9回環境地盤工学シンポジウム論文集，pp.159-162，2011. 2)亀井ら：高炉セメントB種による半水石膏のフッ素不溶化技術の開発，地盤工学ジャーナル，Vol.4，No.1，pp.91-98，2009. 3)松尾ら：製造年月日に着目した再生二水石膏の溶出特性，第11回地盤改良シンポジウム論文集，pp.109-112.2014. 4)中島ら：回転式破碎混合工法の地盤環境分野への適用について，第7回地盤改良シンポジウム論文集，pp.159-162，2006. 5)石膏再生協同組合：再生石膏を用いた農業用土壌改良資材の環境安全品質ガイドライン(試行版 第三版)，平成25年 6)結田ら：肥料起源フッ素の畑地における土壌蓄積と地下水浸への浸透-林地、水田との比較-，日本土壌肥料学会，p308，2000. 7)伊藤ら：湿式分級洗浄及び天然鉱物等による農地土壌等に含まれる放射性セシウム除去方法の実践的検討，日本原子力学会和文論文誌，11巻4号，pp.225-271，2013.

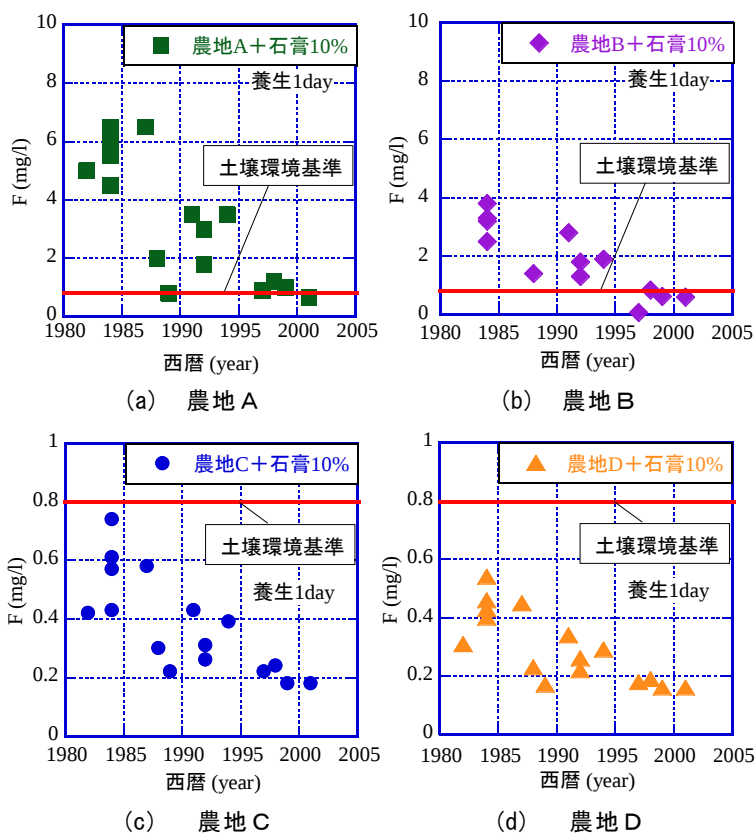


図-1 再生二水石膏混合試料のフッ素溶出濃度

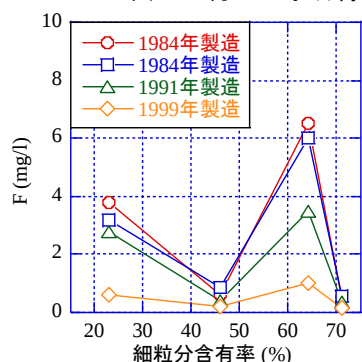


図-2 細粒分含有率とフッ素溶出濃度の関係

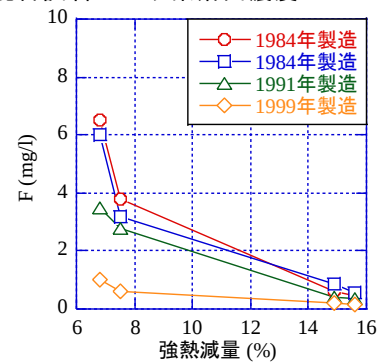


図-3 強熱減量とフッ素溶出濃度の関係