

# 四国地域における表層土壌中有害金属類の リスク評価と評価基本図の公開

原 淳子<sup>1)</sup>・川辺 能成<sup>1)</sup>

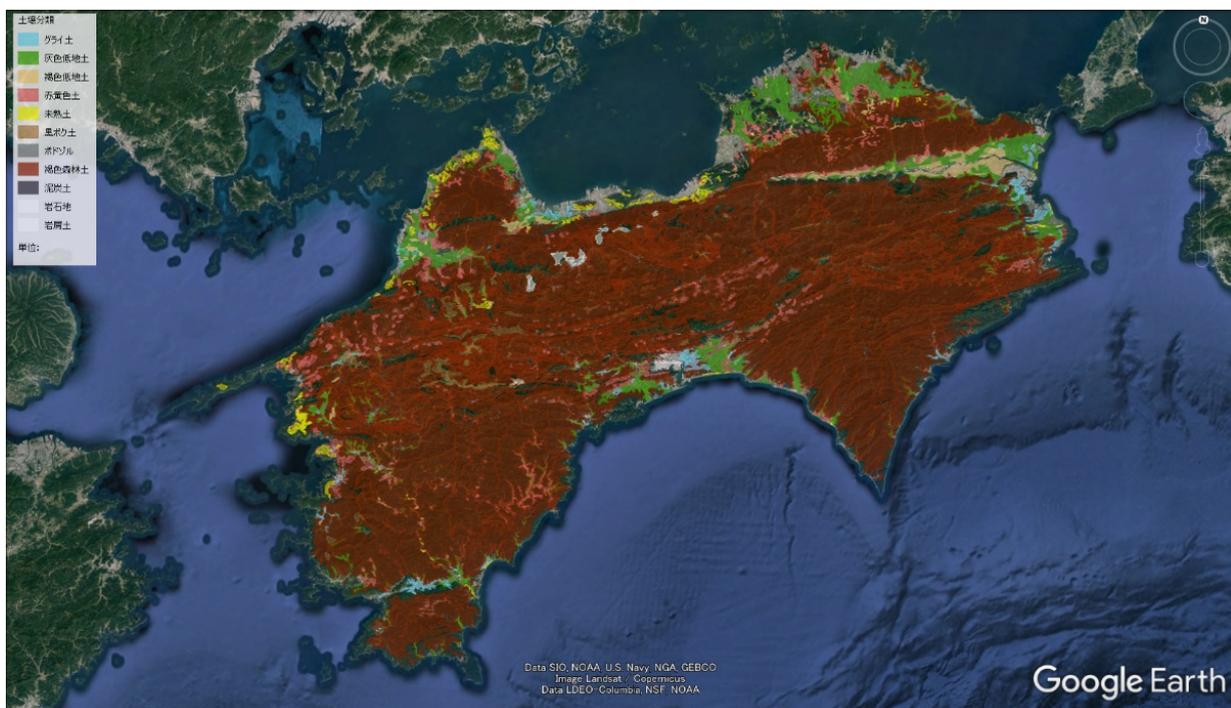
※本稿は2021年3月に、産業技術総合研究所地質調査総合センターが行ったプレス発表を修正・加筆したものです。

## 1. はじめに

近年、気候変動や地震活動に伴う大きな斜面崩壊、土砂崩れ、洪水、津波等の災害に伴い、表層土壌が我々の生活空間になだれ込むことで受ける影響は大きい。さらにダム、鉄道、道路等の各種インフラ工事に伴って問題となる自然由来の重金属類を含む残土処理やその環境対策には、膨大な対策費用がかかる上に、周辺住民からの理解が得難いところがある。このような社会的背景から、表層土壌中の有害元素に関するバックグラウンド情報の必要性が高まっている。

我々はこれまで、県単位の土壌調査を実施し、土壌地化学情報と有害元素のリスク評価をマップとして情報公開してきた(原ほか, 2008a, b, 2012, 2014, 2017)。しかし、近年の法改正や前述したような必要性の高まりから、

全国を網羅的に情報整備することを優先し、より広域な地方単位の土壌調査を開始した。さらに、土壌情報と共に表層地質、流域、希土類元素の含有量情報を加えることで、地質条件との相関関係を得やすくした。今回調査対象とした四国地域は、高知・徳島県南部海岸域が南海トラフ地震の津波対策強化地域に指定されているほか、台風等の豪雨による土砂災害や洪水も近年頻繁に発生しており、堆積残留した土砂の管理が求められている。さらに、北部の香川・愛媛県には両県を横断する四国新幹線のインフラ整備計画が長年に亘って議論されており、今後生じうる土地改変時の環境影響評価への貢献が見込まれるなど、将来的な社会的需要が期待される。2021年3月に公開した土壌評価図シリーズE-8「表層土壌評価基本図～四国地域～」(原ほか, 2021)は、広域単位に変更後、初の出版物となる(第1図)。



第1図 四国地域の表層土壌評価基本図 ※この図は土壌分類を示す(ダウンロードデータをGoogle Earthで閲覧可能)

1) 産総研 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門

キーワード：土壌、リスク評価、四国地域

## 2. 表層地質および過去の鉱業活動を反映する土壌中重金属類の高ポテンシャル域

四国地域には、かつて600を超える金属鉱山が存在しており、銅鉱、硫化鉄鉱の生産が盛んな地域であった(日本の地質「四国地方」編集委員会, 1991; 日本地質学会, 2016)。現在、過去に稼働した金属鉱山はすべて閉鎖しているが、四国地域は全体に丘陵地が多く、浸食を受けやすいうえに表土の層が薄い特徴を有している。したがって、表層土壌が周辺金属鉱山および土壌の元になる基盤岩の影響を受けやすく、表層土壌中に含まれる自然由来重金属類の含有量が高い可能性がある地域と予想された。今回の調査では、多くの地域で表層土壌中の自然由来重金属類が直下の基盤岩の種類に関係している結果が得られた。

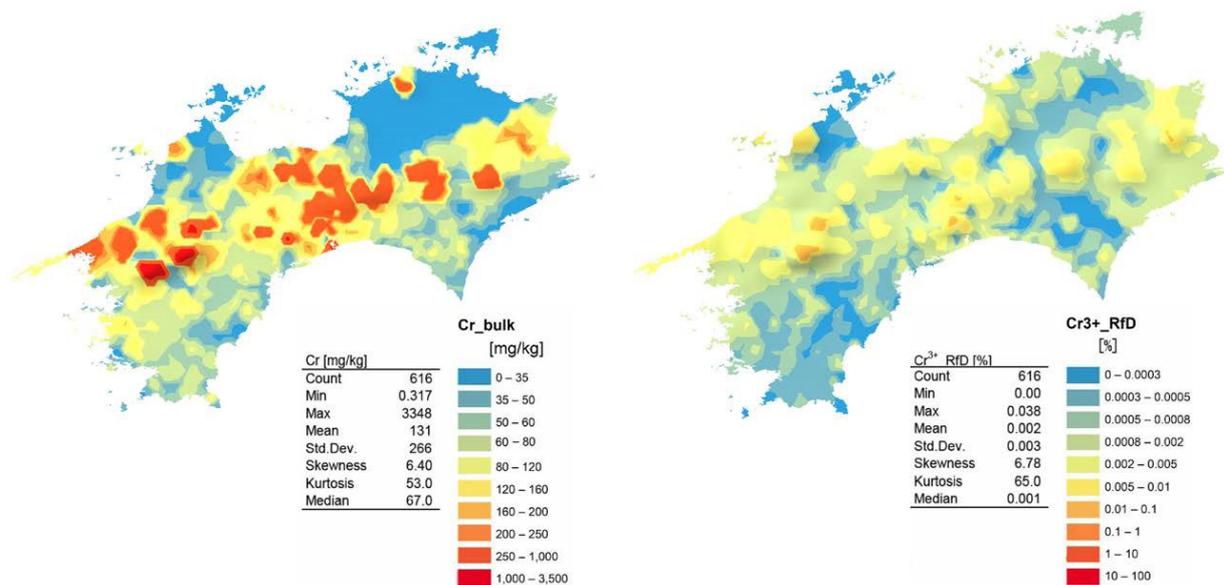
四国地域で顕著な鉱床群は銅、マンガンであるが、銅、マンガンを含む主要金属鉱床は、中央構造線の南側(内帯)に存在し、銅鉱床はその8割が三波川帯に、マンガン鉱床は三波川帯、秩父帯、四万十帯と東西に方向に延びる帯状構造に沿って分布している。分布域はいずれも山間部に位置しており、表層中の銅、マンガン含有量を高めていた。

本評価基本図では、四国地域における表層土壌についてクロムやヒ素などの12元素(Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Se, Cd, Sb, Pb, U)の重金属類の濃度分布(環境省告示18号, 19号試験に基づく溶出量分布, 含有量分布および蛍光X線を用いた全含有量分布)を明らかにするとともに、得られた地化学情報を元に各種暴露経路を想定した人体への

健康影響についてリスク評価を実施している。調査した有害元素の中で、四国地域において特に懸念されたのがクロムである。

土壌調査の結果、古生代の超苦鉄質岩(黒瀬川帯)、中生代の三波川帯苦鉄質片岩部および御荷鉾緑色岩類が表層に露出する地域で、高濃度のクロムを含有する土壌の分布が見られた。しかし、そのほとんどは構成鉱物中にとどまり、高濃度分布域も山間部の基盤岩周辺に限られた。また、流域への溶出も基盤岩周辺の河川上流部に限られ、広域な移行は認められず、含有量に比べて溶出値は低く推移した。高濃度のクロムを含有する土壌は、土地利用を変更せず、空気と触れることのない還元環境で三価クロムとして安定に存在していれば、高濃度含有する地域においても人体には影響がない(第2図)。しかし、安定な三価クロムが酸素に触れて六価クロムへと変化しただけで、クロムは強い毒性、腐食性、発がん性を持つ毒物へと変化する。従って、クロム濃度が高い地域で集中豪雨等によりクロムを含む土砂が流出した場合、空気と触れて酸化された六価クロムは土壌から河川や地下水等への移行が促進される可能性があり、不測の事態には適切なリスク管理等が必要と考えられた。

一方、沿岸域および河川下流域の土壌で、周辺より高い水溶出量を示したのがヒ素であった(第3図)。四国地域全体を見ると、土佐湾に面する高知県の沿岸域では、ヒ素の水溶出量の高い地域がほとんど見られない。それに対し、愛媛県北西部～北部地域にかけての平野部、香川県坂出市

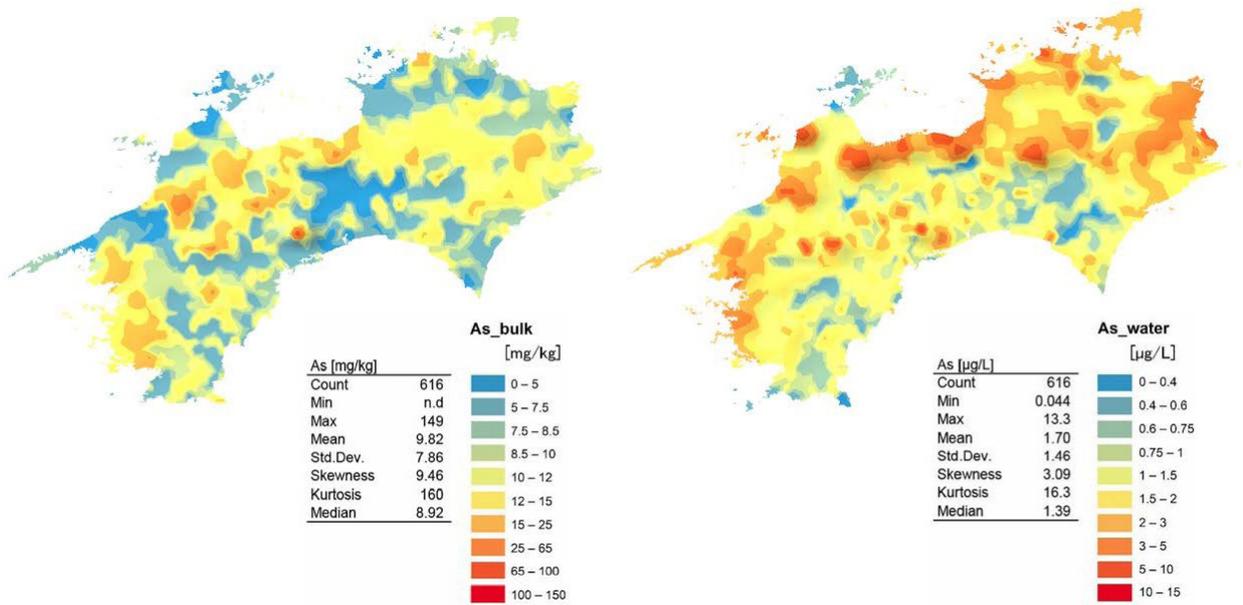


第2図 クロムの含有量分布(左)とリスク評価図(右)

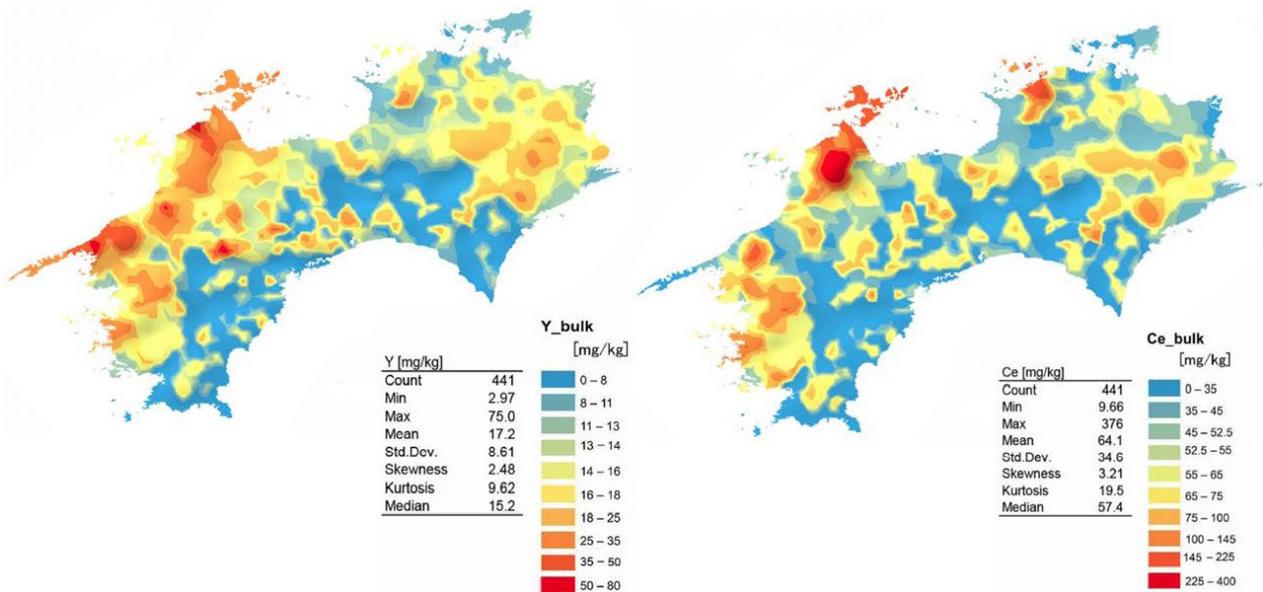
東部および本津川から香東川下流域、徳島県吉野川下流域、那賀川下流域は、環境基準(0.01 mg/L)に達しないものの、周囲より高いヒ素の水溶出量(0.002 ~ 0.0075 mg/L)を示した。これらヒ素の水溶出量の高い地域は、いずれも上流にかつて稼行した金属鉱床が分布する、もしくは精錬活動の履歴を有しており、下流平野部の土壌への2次的な付加に起因して周辺よりもヒ素の溶出値を高めていた。ただし、人体への吸収量は暴露経路によって濃度レベルが異なるため、リスク評価の結果、人体へのリスクはないと判断された。

今回公開する表層土壌評価基本図には、有害金属類およ

び土壌を構成する主要元素に関する情報に加え、土壌中の希土類元素16成分(Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu)の含有量情報が含まれる。土壌の母材となった表層地質情報と対比すると、愛媛県に分布する領家花崗岩類分布域、三波川帯の銅鉱床分布域および秩父帯北部および黒瀬川帯の鉄・マンガン鉱床分布域、さらに点在する石灰質の堆積岩、変成岩、付加体海成層で希土類元素の含有量が高い傾向が見られた(第4図)。土壌中の希土類元素のうち、ランタン、セリウム、ネオジムは同地域の河川堆積物試料の平均値より高い傾向にあり、土壌種ごとの希土類元素の含有量を比較すると、ス



第3図 ヒ素の含有量(左)と水溶出量分布図(右)



第4図 希土類元素の含有量分布例(Y(左), Ce(右))

カンジウム、ユウロピウム以外の希土類元素は泥炭土に優位に含まれる傾向にあることが明らかとなった。土壌中の希土類元素は、そこで生産される農作物へ移行することが報告されているが、希土類元素の土壌中での動態や植物体への吸収機構についてはまだ研究が浅く、未解明な点が多い(Ramos *et al.*, 2016)。そのため、農作物への移行パラメータ情報は有害性が明白な重金属類に比べて少ない。希土類元素は一般に生体系におよぼす影響は小さいと考えられてきたが、正確なリスク評価を実施するには今後の要素研究の蓄積が期待される。

### 3. おわりに

ここでは、有害元素のうち、四国地域で特徴の見られた元素を例に濃度および人体健康リスク分布状況を述べた。有害元素は、その元素の存在形態や価数が変化するだけで毒性が変化する。そのため、災害や人為的土地改変が生じれば、有害元素が露出し、暴露リスクが懸念される地域も出てくる。また、河川下流域で有害元素の蓄積が見られるような地域では、現状で問題がなくとも、豪雨等に伴う河川氾濫で上流から運搬された土砂により溶出リスクが高まる可能性は高い。我々の整備している情報は、現在の土地利用の状態下で土壌中に安定に存在している元素情報である。現状では人体リスクの見られない地域も状況の変化でリスクが高まる可能性もある。そのため、周辺に比べて高ポテンシャルな地域かどうか等の情報を精査し、今後の土地改変や災害対策に役立てて頂きたい。

さらに今後、評価基本図のリスク評価に加えるべき元素にフッ素、ホウ素がある。フッ素およびホウ素は、鉛、ヒ素、六価クロムと同様に国内の土壌汚染事例件数が多いが、軽元素ゆえに抽出過程による濃度誤差が大きく、現在の評価基本図にはこれらのリスク評価に必要な情報が含まれていない。現在、フッ素およびホウ素の情報整備を進めるとともに、直近研究データを含めたリスク解析手法の確立を進めている。

### 文 献

- 日本地質学会 (2016) 四国地方 (日本地方地質誌 7). 朝倉書店, 679p.
- 日本の地質「四国地方」編集委員会 (1991) 四国地方 (日本の地質 8). 共立出版, 284p.
- 原 淳子・川辺能成・駒井 武・井本由香利・杉田 創 (2008a) 表層土壌評価基本図～宮城県地域～. 産総研地質調査総合センター, CD-ROM.
- 原 淳子・川辺能成・駒井 武 (2008b) 表層土壌評価基本図～鳥取県地域～. 産総研地質調査総合センター, CD-ROM.
- 原 淳子・川辺能成・駒井 武 (2012) 表層土壌評価基本図～富山県地域～. 産総研地質調査総合センター, CD-ROM.
- 原 淳子・川辺能成・張 銘 (2014) 表層土壌評価基本図～茨城県地域～. 産総研地質調査総合センター, CD-ROM.
- 原 淳子・川辺能成・坂本康英・張 銘 (2017) 表層土壌評価基本図～高知県地域～. 産総研地質調査総合センター, 96p.
- 原 淳子・川辺能成・坂本康英・張 銘 (2021) 表層土壌評価基本図～四国地域～. 産総研地質調査総合センター, 124p.
- Ramos S. J., Dinali G. S., Oliveira C., Martins G. C., Morerira C. G., Siqueira J. O. and Guilherme L. R. G. (2016) Rare Earth Elements in the Soil Environment. *Current Pollution Reports*. 2, 28-50.

---

HARA Junko and KAWABE Yoshishige (2021) Risk assessment of toxic metals in subsurface soils in Shikoku region and publication of geochemical and risk assessment map.

---

(受付：2021年6月30日)