

## 広域市街地土壤重金属汚染の直接暴露リスク評価

京都大学大学院 学生会員 坂内 修

京都大学大学院 正会員 米田 稔

京都大学大学院 フェロー 森澤 眞輔

### 1. 背景

土壤重金属汚染はこれまで農用地や地下水で問題とされてきたが、近年では土地取引や ISO14001 取得に土壤汚染調査が必須であることから工場や事業所の跡地などの市街地で土壤汚染が顕在化している。またダイオキシン類などの新たな汚染物質による環境汚染の懸念や急増する廃棄物の処理に関係して市街地における土壤汚染の関心が高まっている。ダイオキシン類対策特別措置法でははじめて土壤中の汚染物質の直接暴露による健康影響について言及しており、重金属類についても基準が設定されようとしている。

### 2. 目的

一般市街地についての土壤汚染調査事例は少ないため広範囲の土壤汚染調査を行い、得られたデータから土壤中の重金属類の直接暴露による人の健康影響を評価することを目的とする。

### 3. 土壤汚染調査

東日本地域の 40 地点、約 35km おきの児童公園を対象とした。土壤採取方法は 5 地点混合方式を採用し、内径 5cm、深さ 5cm の採土器で 5 地点採取し等量混合して測定試料とする。本研究では深さ方向の濃度比較を行うため 0~2.5cm と 2.5cm~5.0cm の上下に分割して採取した。人が直接摂取する可能性の高い表層についてスコップで軽く掃いて集め、表層土壌とした。

採取した土壌は前処理として 60℃、12 時間以上乾燥させ 2mm 網ふるいに通し、分析試料とした。これを 2 つの方法で重金属を抽出し、抽出液を ICP-MS (HEWLETT PACKARD 製、ICP 質量分析装置 HP4500) で測定し、土壤中重金属濃度を算出した。塩酸抽出法では分析試料 10g と 0.1N 塩酸 50ml を混合し 35℃、12 時間振とうさせた後、遠心分離にかけ上澄みを濾過・希釈して抽出液とした。硝酸抽出法では分析試料 0.5g と 60%濃硝酸 15ml の混合液を湿式分解装置(CEM 社製 MDS2000)で高温・高圧条件として土壌を溶かし、抽出液を希釈・濾過して抽出液とした。抽出強度は硝酸抽出のほうが強く、全量分析に近い方法である。

### 4. 土壤重金属汚染のリスク評価法

土壤汚染物質の人体への暴露経路には直接的な暴露と地下水や農畜産物を經由する間接的な暴露がある。直接的な暴露は、土壌の摂食（消化管を經由する摂取）、土壌粒子の皮膚接触（経皮吸収）、土壌粒子の吸入摂取（肺を經由する摂取）、土壌から蒸散した蒸気の吸入摂取（肺を經由する摂取）がある。これらの経路ごとの曝露量の算出式は環境省の資料<sup>1)2)3)</sup>を基に計算し、合計して土壤中濃度から一日当たりの直接曝露量を算出する式を設定した。ここでは大人と子供に分けて暴露評価を行っており、子供が約 2 倍の暴露を受けるという設定になっている。

また、重金属類の人体への許容濃度 (TDI) として WHO の水質基準値、ICSC の許容空气中濃度、環境省の要措置レベルで設定されている TDI から最も低い値を採用した。ここではリスク評価対象元素を Cr, Cu, Zn, As, Se, Cd, Sb, Pb の 8 つとし、それぞれの元素について直接曝露量を TDI で割った値をその元素のリスク評価指標と定義し、その値をリスク評価指標値とした。ある元素についてリスク値が 1 より大きいということはその元素の土壌からの直接曝露量が許容摂取量を超えていることを示している。

キーワード：市街地 重金属 土壤汚染 直接暴露 リスク評価

連絡先：京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科 環境地球工学専攻 環境リスク工学講座

T e l : 075-753-5156

## 5. リスク評価

リスク評価方法として表層土壌（soil-A） 0～2.5cm の上層土壌（soil-B） 上下層の平均をとった 0～5.0cm の土壌（soil-C）の三つに分けてリスク評価指標を算出した。この結果、ごく表層（soil-A）で高いリスクを持って存在する元素として Cu, Zn, Pb が挙げられた。また、リスク値が 1 を越えた元素は As, Pb の二つとなった。また、各公園ごとに各元素ごとに算出したリスク評価指標を合計してその公園の重金属類の合計リスク評価指標を算出し、合計リスク評価指標とした。合計リスク値に占める各元素の割合を公園 40 地点の平均で表すと図 1 のようになる。図より、塩酸抽出法の濃度から算出した場合 Pb, As, Cd の順にリスクが大きく、硝酸抽出法で算出した場合 As, Pb, Cr の順にリスクが大きいという結果が得られた。図 2 に合計リスク値を示す。図 2 で矢印が上を向いている地点は合計リスク値が 1 を越えた地点である。

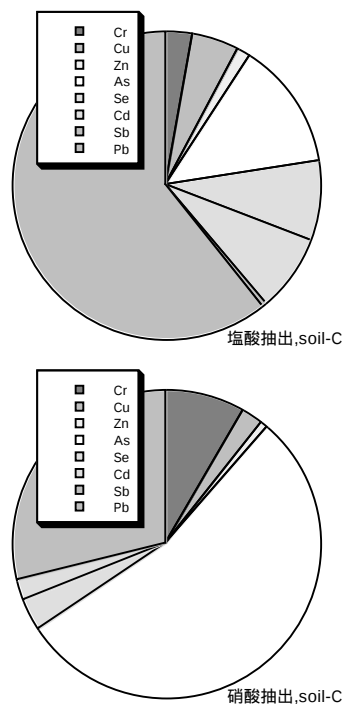


図 1 合計リスク値に占める各元素の割合

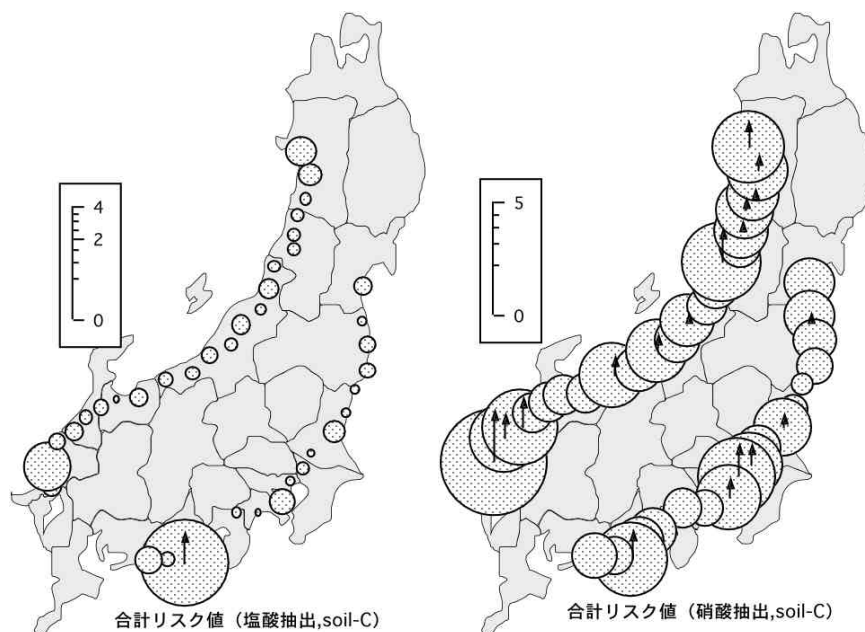


図 2 各地点の合計リスク値

## 6. 結論

一般市街地について広範囲の土壌汚染調査を行い、土壌中の重金属類の直接暴露による人の健康影響を評価することを目的とした結果、以下の結論を得た。

Cr, Cu, Zn, As, Se, Cd, Sb, Pb の 8 つの元素について土壌からの一日当たり直接曝露量を許容摂取量で割った値をリスク評価指標と設定した結果、As, Pb でリスク評価指標が 1 を越えた。

塩酸抽出法の濃度からリスクを算出した場合 Pb のリスクが高く、硝酸抽出法で算出した場合 As が高いという結果を得た。塩酸の場合土壌粒子表面に吸着した重金属を抽出し、硝酸の場合土壌中のほぼ全量を抽出させるため塩酸のほうが Pb など人為汚染による健康影響を把握しやすい。硝酸の場合は全量分析に近いのでリスクを低く見積もる可能性は低い As など自然由来のものを過大に評価する可能性がある。

なお本研究は科学研究費補助金（基盤研究(C)(2)）12650547 の補助を得て行った。ここに感謝の意を表する。

### 参考資料

- 1) 環境庁；土壌中のダイオキシンに関する検討会 参考資料 4-1 1998
- 2) 土壌中のダイオキシン類に関する検討会 第一次報告；1999
- 3) 土壌の含有量リスク検討会；土壌の直接摂取によるリスク評価等について 2001