

名古屋市南部地区における表層土壌の重金属汚染と健康リスクの評価

大同工業大学大学院
大同工業大学

学生員
正 員

○世古学
堀内将人

1. はじめに 2003 年 2 月 15 日に土壌汚染対策法が施行され、表層土壌の重金属汚染が健康リスクの観点から注目されている。当研究室では 5 年前から大気汚染が著しい名古屋市南部地区を対象とし、表層土壌の重金属汚染を調査している。その結果、大同工大周辺の表層土壌中重金属が他の地点に比べて高いことが明らかになった。本年度は調査地点を大同工大周辺に絞り込み、汚染の状況についてさらに詳細に検討した。特に土壌摂取による人の健康リスクに関しては、胃腸管を模擬した生理学的抽出実験を実施して評価するとともに公定法（1N 塩酸抽出法）との比較を行った。



図-1 大同工大周辺土壌試料採取地点地図

2. 実験

2-1 試料の採取 大同工大周辺の 16 地点で表層裸地土壌として深さ 0 ～ 1cm、2 ～ 5cm、10 ～ 20cm 及び砂場、草の繁茂している表層土（草の土）

表-1 土壌試料採取地点名	
産業道路、線路ヨコ	白水公園 北 (I)
産業道路、線路ヨコ、裸地	白水公園 西 県道36号線沿い
産業道路大江町交差点	築地神社
宝公園	竜宮公園
R247 COCO壱の公園住宅沿道緑地	竜宮インター GS側
大江川緑地	宝生公園
滝春南公園	白水公園 北 (II)
白水公園 すべり台	白水南の植え込み

として 0 ～ 5cm の土壌を 5 地点混合法により採取した。試料は 60 で 48 時間乾燥させ 2mm 網ふるいに通し、分析試料とした。採取地点を図 - 1、表 - 1 に示す。

2-2 分析方法 (1) 精製水抽出法：溶出基準の公定抽出法。(2) 1N 塩酸抽出法：平成 14 年 5 月 29 日に公布された土壌汚染対策法において定義された要措置レベルの公定抽出法。(3) 中性子放射化分析：土壌に中性子を照射して元素を放射化し、放出される γ 線を測定する。土壌が含有する元素の全量分析ができる。(1)(2) の抽出法では、溶液中重金属濃度を ICP 質量分析器 (YOKOGAWA、HP - 4500) を用いて測定した。測定元素は、Cr、Mn、Ni、Cu、Zn、As、Se、Mo、Cd、Sb、Pb の 11 元素である。

2-3 生理学的抽出実験 Ruby 等¹⁾の研究を参考に実験条件を設定した。模擬胃液は精製水に、ペプシン・クエン酸・リンゴ酸・乳酸・酢酸、腸液は胆汁末とパンクレアチンを添加し調整した。胃の滞留時間を 70 分とし 30、50、70 分後に、小腸の滞留時間は 180 分とし 60、180 分後にそれぞれ上澄み液 5ml を採取した。胃の pH は 1.3、2.5、4.0 と 3 つの場合を設定した。PH1.3 は人の空腹時、pH2.5 は通常時、pH4.0 は満腹時に対応する。腸の pH は 7.0 とした。液固比 0.01g/ml とし、上澄み液中の重金属濃度を ICP 質量分析器で測定した。

3. 実験結果および考察

(1) 溶出基準との比較： の地点は、交通量が非常に多く粉塵濃度が高いため、重金属による汚染も深刻ではないかと予想していたが、溶出基準を上回る元素はなかった。過去の調査結果と同様に白水公園では各元素とも高い濃度を示したが、いずれの地点でも溶出基準を上回る元素はなかった。過去の調査で溶出基準を上回る濃度を検出した Pb も 2 ～ 5cm の地点で最大 0.00386mg/l と溶出基準の約 1/3 しか溶出されなかった。

表-2 最大自然界値の5倍を超えた地点と元素

Cr	
地点、深さ	倍数
0～1cm	6.65
0～1cm	8.83
0～1cm	12.00
0～1cm	7.63
2～5cm	9.13
2～5cm	7.42
2～5cm	7.92
2～5cm	6.65
0～1cm	7.53
草の土	5.92
草の土	6.27
Zn	
地点、深さ	倍数
0～1cm	6.15
0～1cm	16.97
0～1cm	15.94
0～1cm	11.37
2～5cm	14.24
2～5cm	8.06
2～5cm	10.95
10～20cm	5.66
0～1cm	5.06
0～1cm	8.30
0～1cm	5.90
2～5cm	7.47
草の土	26.82
Sb	
地点、深さ	倍数
0～1cm	53.2
0～1cm	7.1
2～5cm	18.5
草の土	8.7

(2) 自然界値との比較：放射化分析により定量した 5 元素 (Cr, Zn, As, Mo, Sb) のうち最大自然界値の 5 倍を超えた元素を表 - 2^{2) 3)} に示す。Cr, Zn, Sb はほとんどの地点で深さに関わらず最大自然界値を上回った。Mo は最大自然界値に近い値を検出し、As はほとんどの地点で最大自然界値の約 1/10 であった。**(3) 要措置レベルとの比較：**16 地点 37 サンプルうち要措置レベルを超過または、近い値となった元素は Pb の 7 サンプルであった。それらのサンプルの中から健康リスク評価の対象として重要と思われる 5 サンプル 産業道路、線路ヨコ、裸地 0~1cm、白水公園北 0~1cm、竜宮インターGS 側草の土、白水公園北 (II) 0~1cm、白水公園北 (II) 草の土を生理学的抽出実験の試料とした。5 サンプルの溶出濃度を図 - 2 に示す。**(4) 生理学的抽出実験：**生理学的抽出実験を実施したサンプルの中で、Pb の要措置レベルを上回った 2 地点のうち、土壌を直接摂取する可能性の高い 白水公園北 (II) 草の土の実験結果を図 - 3 に示す。胃の pH が 1.3 の時に Pb の要措置レベルを超過している。しかし、1N 塩酸抽出法での溶出濃度を超える値ではなかった。胃での重金属溶出は、pH1.3 で最大濃度となる重金属が多かった。このことから重金属溶出濃度は pH に依存し、空腹時には体内

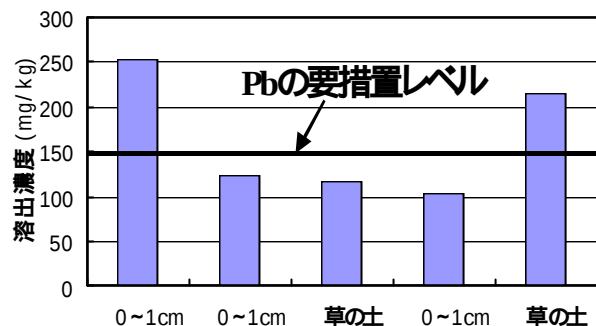


図-2 1N塩酸抽出法の Pb の結果

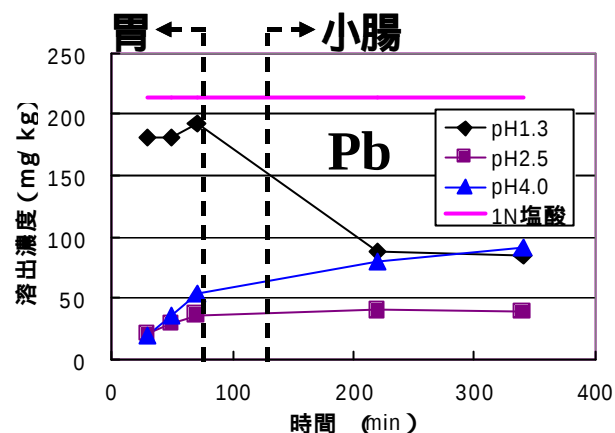


図-3 生理学的抽出実験の結果
白水公園北 () 草の土 Pb

に多く吸収されることがわかる。As, Mo では、胃よりも小腸中で時間経過とともに溶出濃度が増加した。Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, Mn, Ni は胃中では時間経過とともに濃度が高くなった。小腸では、Cu, Pb, Zn, Cd については液中濃度が低下し、特に Cu, Pb は、胃から小腸への変化時に急激な濃度減少が見られた。Cr, Mn, Ni の場合、胃中の最大溶出濃度よりも小腸での溶出濃度は低下するものの、時間経過とともに濃度上昇が見られた。Se, Sb については、サンプルによるバラツキが大きく系統立った特徴を見出すことはできなかった。3 パターンの pH で実施した 5 種類の土壌の生理学的抽出実験で、重金属の溶出濃度が 1N 塩酸抽出法での溶出濃度を超過した元素は Se, Sb の 7 サンプルであった。このことから Se, Sb に関しては、1N 塩酸抽出法は土壌直接摂取による重金属摂取量を過少評価する。

4. リスク評価 重金属類の人体の耐容一日摂取量 (TDI) は WHO の水質基準や ACGIH の設定する労働環境中の許容空気濃度および環境省の要措置レベルの根拠値としていくつか提案されている⁴⁾。それらの TDI から最も低い値 (Cr, Zn, As, Se, Cd, Sb, Pb) と生理学的抽出実験結果とを比較した。表 - 3 に TDI と 白水公園北 (II) 草の土からの重金属摂取量の推定値との比較を示す。生理学的抽出実験の抽出濃度から推定した 1 日摂取量が TDI を上回ったものは、空腹時の Pb だけであった。その他の元素は TDI の 1/10 ~ 1/10000 程度の値であった。

表-3 TDI (経口摂取のみ考慮) の最も低い値との比較表

元素	TDI (μg/day)	pH 1.3	pH 2.5	pH 4.0
Cr	90.0	0.277	0.114	0.0150
Zn	3445	10.1	13.1	5.65
As	3.83	0.132	0.0612	0.0377
Se	15.3	0.0140	0.0177	0.00745
Cd	3.83	0.384	0.409	0.237
Sb	9.57	0.00450	0.123	0.000814
Pb	15.3	19.2	3.99	9.08

草の土からの重金属摂取量の推定値との比較を示す。生理学的抽出実験の抽出濃度から推定した 1 日摂取量が TDI を上回ったものは、空腹時の Pb だけであった。その他の元素は TDI の 1/10 ~ 1/10000 程度の値であった。

5. おわりに 今回も重金属濃度が高かった白水公園や国道 23 号線沿いの土壌汚染について、さらなる調査を続け、生理学的抽出実験の方法の改善を加えるとともに、リスク評価の信頼性をより高める必要がある。

【参考文献】

- 1) Michael V. Ruby et al., : Environ Sci. Technol. Vol.30, pp422-430, 1996 2) 日本土壌肥料科学会編 (1991) pp.32
 3) 日本土壌肥料科学雑誌 第 59 巻 第 2 号 (1988) 4) 坂内修他 : 環境衛生工学研究 第 16 巻 第 3 号 (2002), pp.86-89
謝辞 分析でご協力頂いた京都大学原子炉実験所の西牧研壮教授、福谷哲助手、大同工業大学の上田若登氏、近藤由紀氏に感謝の意を表します。