

(77) 子供の手指に付着する土壌量から見た 土壌摂食量のデフォルト値の妥当性

池上 麻衣子^{1*}・米田 稔¹・森澤 眞輔¹

¹京都大学工学研究科都市環境工学専攻 (〒615-8540京都市西京区京都大学桂Cクラスター)

* E-mail: ikegami@risk.env.kyoto-u.ac.jp

現在、ブラウンフィールドの問題が深刻化しつつある。土壌汚染対策法では、汚染土壌の土壌含有量基準を人の1日当たりの土壌摂食量を用いて算定しており、この量は子供200mg/day、大人100mg/dayと設定されている。手指についている土壌粒子などを拭き取り、拭き取り材からのAI抽出量などによって、土壌粒子量の推定が可能であることがわかった。屋外で遊んだ後の子供の手を拭き取り測定した結果、子供の手指に付着している土壌量は、50mgであり、大気経由の土壌粒子摂取量は0.5mgと推定された。この2つの値の和が土壌粒子摂取量のおよその値であると考え、現在用いられている1日当たりの土壌摂食量の1/4程度の値となった。今回の調査結果は、土壌環境基準の算定で用いられる値の妥当性を示している。

Key Words : Brownfields, Soil ingestion, Environmental quality standards, Children, Risk

1. 序論

わが国では、ブラウンフィールドを「土壌汚染の存在、あるいはその懸念から、本来、その土地が有する潜在的な価値よりも著しく低い用途あるいは未利用となった土地」と定義している¹⁾。現在、このブラウンフィールドの問題が深刻化しつつある。つまり土壌汚染が発見されたとしても、土壌汚染対策に多額の費用がかかるため、市街地中心部にもかかわらず、放置されている土地が増加しつつあり、このことが市街地の再開発や有効利用を大きく阻害している。

土壌汚染対策法では、有害物質について、汚染土壌の直接曝露に係る土壌含有量基準を、人の1日当たりの土壌摂食量を用いて算定している²⁾。この量は、子供200mg/day、大人100mg/dayと設定されているが、この設定値は、食品中重金属含有量と大便中重金属含有量の比較などによって求められており^{3,4)}、非常に変動の大きな測定値を元に決められており、その摂取経路については何も検討されていない。また土壌摂食量は、実際に起こりうる値の上限値として用いる必要がある。ブラウンフィールド問題解決の手段として、摂取経路を明らかにした曝露量評価を行い、土壌摂食量が過大評価されていないかを明らかにすることが必要であると考えられる。

そこで本研究では、子供の土壌摂食量の多くは、土壌

粒子が付着した手指を舐める、あるいは土壌粒子が手指から食品に付着し、その食品を食べることによって、経口摂取に至る経路、そして大気中に浮遊する土壌粒子が呼吸により吸い込まれ、咽頭などで捕捉されたものが消化器系へと移行する経路の2つによって、ほとんどが占められると考えた。この場合、手指に付着した土壌量と、大気中粒子濃度に呼吸量をかけた値の和によって、土壌摂食量の上限値が推定できることになる。そこで本研究では、実際に屋外で遊んだ後の子供の手を拭き取ることによって求めた、子供の手指に付着している土壌量の分布と、大気経由の土壌粒子摂取量の推定値から、土壌摂食量の上限の推定を行う。さらにこの推定値を元にして現在の土壌含有量基準算定で用いられている土壌摂食量のデフォルト値の妥当性について検討を行う。

このため、本研究では以下のような具体的な研究目的を設定する。

- 1) 手指に付着している微量な土壌量を、拭き取り法と拭き取り材からの簡単な抽出法とによって測定する方法を確立する。
- 2) 屋外で遊んだ子供の手指に付着している土壌量を実際に調査し、その確率分布を求める。
- 3) 手指に付着した土壌量の95パーセンタイル値と大気経由の土壌摂食量とから、およそその1日当たり土壌摂食量の上限値を推定する。

4)推定した土壤摂取量の上限值と、現在の土壤含有量基準の元になっている土壤摂取量を比較し、土壤摂取量のデフォルト値の妥当性について検討する。

2. 手指に付着した土壤量の測定方法

(1) 測定方法

幼児の手に付着している土壤量は、幼児の手指を乳幼児の肌を拭くためのコットンパッドで拭き取り、その拭き取り材に移行した元素量から求めることにした。このコットンパッドは精製水のみで湿らせてあり、大きさ数cm四方のものが2枚ずつアルミ袋に密封されて販売されている。土壤摂取量を食品中重金属含有量と大便中重金属含有量の比較などによって求める場合、土壤中に広く存在するAl, Si, Tiなどを測定している。本研究では既知の量の土壤を含ませた拭き取り材を、次に示す抽出法で抽出し、いくつかの元素の抽出量と土壤量との関係を求め、直線性の良い関係を示す元素量から、手指を拭き取った拭き取り材中土壤量を求めることにした。これは、幼児の手の拭き取りに用いたコットンパッドは拭き取る際、幼児の手の汗などを吸収する、コットンパッドの繊維がはがれる、水分が幼児の手に移る、などで、拭き取る前の1枚あたりの重量が変わるため、誤差などの不確かさが生じる可能性があり、また、乾燥させた同じ重量拭き取り材に精製水を加えて拭き取り、さらにそれを乾燥させて、拭き取る前の乾燥拭き取り材との重量の比較で、土壤量を求める場合も、同様にコットンパッドの繊維がはがれるなどにより、土壤量に誤差が生じる可能性があり、土壤の付着量を直接測るのは困難であるため、いくつかの元素の付着量により、土壤量を求めることにした。

拭き取り材中の各種元素量を測定する方法としては、抽出操作の手軽さや安全性を考慮し、濃硝酸などを用いた全量分析法ではなく、土壤汚染対策法での土壤中重金属量の測定方法を参考にして、1N塩酸による抽出方法を採用した。1N塩酸抽出法は、人体へ吸収され得る重金属量を近似的に測定する方法であり、手指に付着した土壤中重金属の内、人体に吸収されやすい量をおおよそ推定可能である⁹⁾。この抽出方法は土壤量の測定という点では精度的には最良とは言えないかもしれないが、土壤量と抽出された元素量との直線性を見ることによって、土壤量の推定に用いることができるかどうかを判断することとした。

土壤量と1N塩酸抽出による各元素量との関係は、以下のようにして求めた。手に付着した土壤の9割以上が粒径100 μ m以下であるという報告があることから⁹⁾、本

表-1 各元素の検出限界量と、抽出元素濃度と土壤量の相関
(検出限界量の単位は拭き取り材試料中 μ g)

元素	検出限界量	土壤量と抽出元素濃度との	
		相関係数	回帰直線の傾き
Na	1.5	0.83	4.5×10^{-2}
Al	3.9×10^{-1}	1.0	4.1×10^{-1}
K	3.5×10^{-1}	0.89	4.5×10^{-2}
Ca	8.6	1.0	1.6×10
Cr	5.7×10^{-2}	0.99	3.3×10^{-3}
Mn	1.3×10^{-2}	1.0	1.0×10^{-1}
Fe	12	0.99	4.9×10^{-1}
Co	8.1×10^{-4}	1.0	1.3×10^{-3}
Ni	1.9×10^{-2}	1.0	3.7×10^{-3}
Zn	2.4×10^{-1}	0.97	1.6×10^{-2}
Cd	3.0×10^{-4}	1.0	5.9×10^{-5}
Sb	5.2×10^{-3}	—	—
Pb	5.6×10^{-2}	1.0	1.3×10^{-2}

研究でも100 μ m以下の土壤を用いて、土壤量と各元素量との関係を求めることにした。土壤の採取方法として、表層土を集めた。これは、幼児が園庭で遊ぶ場合、表層土は、直接触れる可能性が高いためである。幼児らの行動調査などに協力していただいた⁷⁾京都市内のK保育園の園庭の3ヶ所から表層数cmの土壤を採取し、採取した土壤を1つに集め混ぜ合わせた。混合した土壤を網目が100 μ mのふるいにかけて、粒径100 μ m以上の粒子を排除した後、土壤を110℃で24時間以上乾燥させた。その後、10mg, 20mg, 50mg, 100mg, 200mgの土壤をはかり取り、それぞれを子供達の手指拭き取りに用いる精製水コットン1枚ずつに含ませ、測定試料とした。この試料中の各元素量を以下に示す塩酸抽出法により測定した。

- 1)各試料をそれぞれ30mlのPP製容器に入れて、蓋をする。
- 2)それぞれに重金属測定用塩酸を超純水で希釈して作成した1N塩酸15mlを加えて25℃の恒温槽中で、200回/分で20分振とうする。
- 3)各容器中の抽出液を0.45 μ mアセテートフィルターでろ過し、ろ液をICP-MS用測定試料液とする。
- 4)各測定用試料液に内標準物質としてIn (インジウム)を100ppbとなるように加え、ICP-MSで内標準法により測定する。
- 5)抽出液の各元素濃度に抽出液量である15mlを掛けて抽出液中元素量を求める。

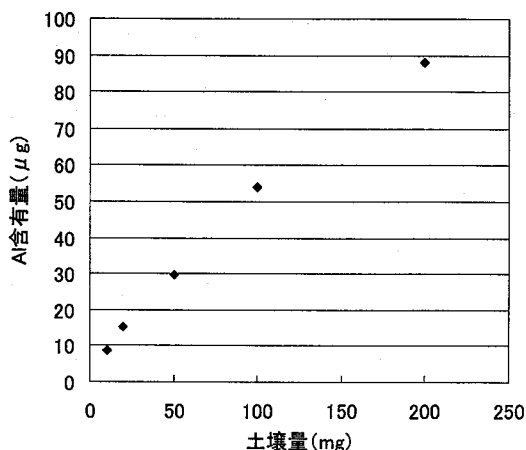


図-1 土壌に含まれているAl量

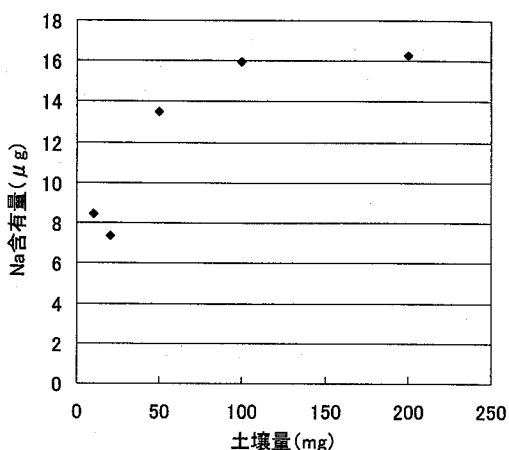


図-2 土壌に含まれているNa量

(2) 測定結果および検討

測定元素は、Na, Al, K, Ca, Cr, Mn, Fe, Zn, Co, Ni, Cd, Sb, Pbの13元素とした。検出限界値は、拭き取り材の抽出操作によるバックグラウンドの標準偏差の3倍とした。各元素の検出限界を表-1に示す。

図-1, 図-2に、それぞれ各試料から抽出されたAl量, Na量と、拭き取り材中土壌量との関係を示す。図-1よりAl抽出量と土壌量との間には十分な直線性が見られた。また、拭き取り材中土壌量とそれぞれの抽出量の相関係数、回帰直線の傾きを表1に示す。拭き取り材中土壌量とそれぞれAl, Ca, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cd, Pb抽出量の相関係数は表1より0.99以上であった。これらの元素によって、幼児の手指を拭き取った拭き取り材に付着している土壌量を定量可能であると判断した。Sbはほぼ全ての測定値が検出限界以下であった。Na, K, Znは土壌量との相関係数がそれぞれ0.83, 0.89, 0.97であり、図-2に示すように土壌量との間にAlほどの良い直線性は見られなかった。図-2を見ると、土壌量に対するNa含有量の値が飽和しているように見えることから、この原因としては、これらの元素に対する測定器の定量可能なダイナミックレンジが小さかったことが主たる原因ではないかと考えられる。このことから、本研究の場合、土壌量の推定に用いる元素としてはNa, K, Znなどは不向きであると考えられた。本研究の測定法では抽出液の総イオン濃度がかかなり高くなり、ICP-MSによる測定ではマトリクス効果などのため、金属濃度の測定値そのものについての信頼性は低くなると考えられるが、土壌量の推定という目的のためには、金属濃度の測定値と土壌量との直線性が良ければ十分であると考えられる。土壌量と金属濃度の直線性の良さから、相関係数が0.99以上の元素を用いれば土壌量を推定できると考えられるが、土の

元素組成としてBowen⁸⁾の与えたものが用いられており、土の元素組成より、Alが多く含まれていることから、本研究では、測定した元素から求める土壌量の安定性を考慮して、Alの抽出量を用いて、拭き取り材中の土壌量を推定することにした。

3. 幼児の手指に付着した土壌量の調査

(1) 調査内容

京都市内にあるK保育園に協力していただき、実際に幼児らの手を拭き取った。

2006年3月27日に1歳児6人、2歳児10人、3歳児13人、4歳児16人、5歳児18人、6歳児6人の計69人が30分間保育園の園庭で遊んだ後、幼児の両手のひら、指を拭き取っ

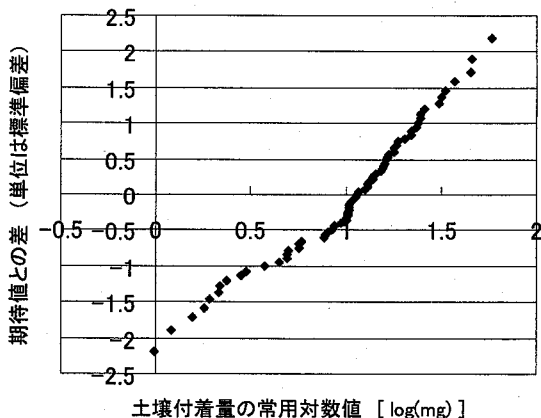


図-3 幼児の手指に付着した土壌量（正規分布プロット）
（縦軸の単位は正規分布での1標準偏差）

表-2 土壌付着量

	土壌量の 対数値	土壌量 (mg)
50パーセンタイル	1.01	10.3
95パーセンタイル	1.71	50.9
99パーセンタイル	1.99	98.7

表-3 土壌付着量 (年齢別)

年齢	平均値 (mg)	最小値 (mg)	最大値 (mg)
1歳児	19.4	10.2	45.1
2歳児	14.6	2.4	31.7
3歳児	11.3	1	36.9
4歳児	11.3	1.6	30.8
5歳児	13.1	1.2	25.9
6歳児	26.7	10.8	58.1

た。爪の間に入った土壌は採取せず、両手のひら、指の
みを拭き取り、調査した。このため、本研究での土壌の
手指への付着量は若干、過少評価である可能性がある。
調査日の前、数日は雨が降っておらず、園庭の表面土壌
は十分乾燥した状態となっていた。拭き取り材としては、
2(1)で使用したコットンパッドを使用した。

(2) 結果

a) 土壌付着量

幼児の手指に付着した土壌量の結果を図-3に示す。
図-3は正規分布プロットで、横軸は土壌付着量(mg)の常
用対数値、縦軸は期待値との差を表している。図-3では
土壌付着量の対数値がほぼ直線に乗っていることから、
土壌付着量がおおよそ対数正規分布で表されることがわ
かる。図-3に示す正規分布プロットデータの線形近似式
は、

$$y = 2.37x - 2.40 \quad (1)$$

で表される (yは期待値との差、xは土壌付着量(mg)の常
用対数値を表す)。これより土壌付着量(mg)の常用対数
値は、 $y=0$ として平均値が1.01、近似式(1)の直線の傾き
の逆数として、標準偏差が0.42の正規分布となる。また
この近似式より求めた、土壌付着量対数値と土壌付着量
の50パーセンタイル値、95パーセンタイル値、99パーセ
ンタイル値を表-2に示す。

また、年齢別の土壌付着量を表-3に示す。年齢別には、
1歳児と6歳児が土壌付着量が多く見られた。手のひらの
大きさから見ると、1歳児は手のひらが小さいにも関わ
らず、多く土壌が付着している。これは、1歳児は砂場

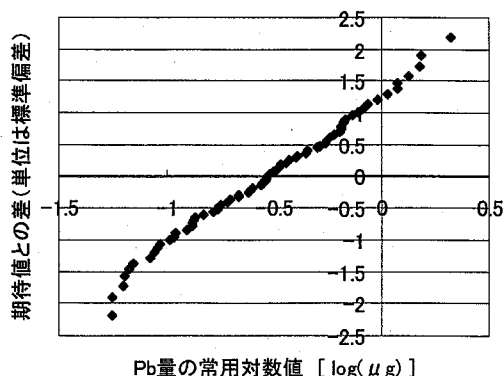


図-4 幼児の手指に付着したPb量 (正規分布プロット)
(縦軸の単位は正規分布での1標準偏差)

表-4 Pb付着量

	Pb量の 対数値	Pb量 (μg)
50パーセンタイル	-0.53	0.29
95パーセンタイル	0.16	1.45
99パーセンタイル	0.45	2.82

や土壌を直接触って遊ぶが多いため、土壌に接触してい
る時間が他の年齢の幼児よりも長いことが考えられる。
このように必ずしも年齢が高く手の大きな幼児の方が土
壌付着量も多いとは限らないことがわかる。

b) 重金属付着量

幼児の手指に付着したPb量の分布を図-4に示す。図-4
は正規分布プロットで、横軸はPb量(μg)の対数値、縦
軸は期待値との差を表している。図-4より手指に付着し
たPb量も対数正規分布で表されることがわかる。図-4に
示すデータの線形近似式は、

$$y = 2.37x + 1.26 \quad (2)$$

と表され (yは期待値との差、xはPb量(μg)の常用対数値
を表す)、Pb付着量対数値は平均値が-0.53、標準偏差が
0.42の正規分布となる。Pb付着量対数値とPb付着量の50
パーセンタイル値、95パーセンタイル値、99パーセンタ
イル値を表-4に示す。

また、手指に付着しているAl量とPb量の関係を図-5に
示す。縦軸、横軸とも対数値で、図5中の直線は、2(2)
での結果より求めた土壌中のAlとPb含有量の関係を表し
ている。また、幼児の手指に付着した元素の量の対数値
の標準偏差と、Al付着量対数値と各元素量対数値の相関
係数を表-5に示す。Crは検出限界以下であった。

図-5より、Al付着量とPb付着量とが完全に直線に乗
っているわけではないことから、それぞれの付着量対数値

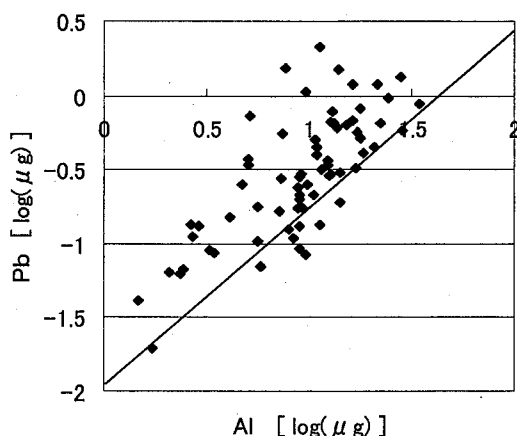


図5 幼児の手指に付着したAl量とPb量

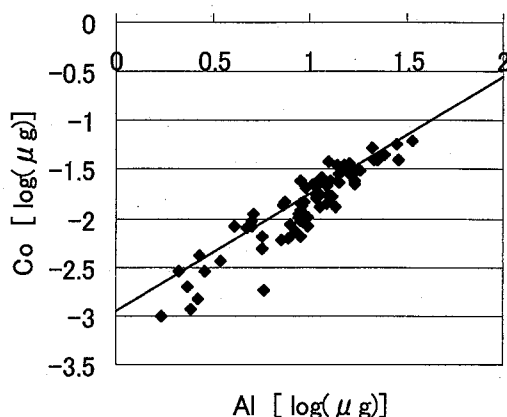


図6 幼児の手指に付着したAl量とCo量

表5 手に付着した各元素量対数値の標準偏差と付着したAl量対数値と元素量対数値との相関

元素	標準偏差	Alとの相関係数
Al	0.42	
Ca	0.28	0.83
Cr	—	—
Mn	0.45	0.92
Fe	0.39	0.89
Co	0.49	0.92
Ni	0.45	0.48
Cd	0.50	0.29
Pb	0.42	0.69

の標準偏差は同じ値ではあったが、完全に2つの値が比例関係にあったわけではないことがわかる。これは図5の直線は、土壌の一つの混合サンプルから得たものであるが、西村らの研究⁹⁾で、表層土壌中のMg、Niの濃度を測定した結果、Mg濃度常用対数値が平均値で1.6 log(mg/kg-soil)、Ni濃度常用対数値が平均値で-0.9 log(mg/kg-soil)となり、場所によって違いがあることが報告されている。このことから、実際には園庭の土壌中のAl量とPb量には場所によって違いがある可能性があると考えられる。また、他の元素についても場所によって違いがある可能性があると考えられる。また、実際に手指に付着している土壌粒子の粒径分布と拭き取り材に添加した土壌の粒径分布の違いのため、抽出される成分に土壌粒子そのものに起因する成分と土壌粒子表面に吸着した成分の両方が関係する場合、抽出率にも違いが生じる可能性があると考えられることから、これらがAl付着

量とPb付着量のばらつきの原因になっていると考えられる。また、他の元素についても同様に、Ni、Cdについて、Alとの相関係数が小さく、Caについて、標準偏差が小さいのは、抽出率に違いが生じる可能性があると考えられることや、Ni、Cd、CaがAlと比べて、土壌中の存在形態や土壌の起源が異なる可能性が考えられる。これらがAl付着量とNi付着量、Cd付着量、Ca付着量のばらつきの原因になっていると考えられる。

図6にAl付着量対数値とCo付着量対数値の関係を示す。図6中の直線は、2(2)の結果より求めた土壌中AlおよびCo含有量の関係式である。やはり図6においてもAl量とCo量は完全な直線に乗っているわけではないが、ほぼ図中の直線を中心としてばらついている。

図6に比べると、図5より手指に付着しているPb量は、2(2)で求めた土壌中Al量とPb量の関係から予想される値より、Pbの量が多くなる傾向があることがわかる。この保育園の園庭の遊具を拭き取り、遊具の塗料に含まれているPb量を測定した結果、最大で約0.9 μg/100cm²のPbが検出したことがわかっている⁷⁾が、これは土壌由来のPbの他に、園庭内の遊具のはがれ落ちた塗料からのPbが手指に付着した、あるいは塗装面そのものからPbが手指に付着した可能性を示しているのではないかと考えられる。このようにPbについては遊具の塗料などに起因する手指への付着なども考えられることから、手指に付着した土壌量の推定に用いる元素としては適当ではないと考えられる。同様に、Ni、Cd、Caについても手指に付着した土壌量の推定に用いる元素としては適当ではないと考えられる。

4. 土壤摂取量の推定

現在の土壤含有量基準は、土壤摂取量の95パーセンタイル値を用いて、算出されているため、ここでも95パーセンタイル値を用いて、土壤摂取量についての検討を行うこととした。幼児が30分間園庭で遊んだ後、手指に付着していた土壤量は、表-2より95パーセンタイル値で約50mgであった。また、大気経路の土壤粒子摂取量の中にも、咽頭などで捕捉され消化器系へと移行し、本研究で推定しようとしている土壤摂取量の一部となるものがある。以下で、この大気経路の土壤摂取量についても検討する。

大気中のSPM濃度は、京都市では、2004年度、日平均値の2%除外値で約0.053 mg/m³であった。この値は他の都市においても大きくは変わらない¹⁰⁾。リスク評価に用いる土壤摂取量として、各人の長期間にわたる平均的な土壤摂取量の多数の人間での95パーセンタイル値を用いるべきであると考えられることから、ここではSPM濃度としては平均値を用いることにした。呼吸量については、男性2歳児の安静時で5m³/日、男性5-6歳児の最大運動時で57.7m³/日という値が報告されている。また日本人成人男女の生活時間で重み付けした値として、17.3m³/日という値が推定されている¹¹⁾。また、環境省では、ダイオキシン類が空気中に浮遊する微細な土壤粒子としての吸入摂取について、子供の呼吸量6m³を用いている¹²⁾ことから、本研究でもこの6m³を用いて、曝露量を推定することにした。京都市の大気中SPMのほとんどが土壤粒子起源であるとして、京都市の平均的SPM濃度0.053 mg/m³に呼吸量この呼吸量6.0m³/日をかけると0.318mgとなる。よって、大気経路の土壤粒子摂取量は0.5mg/日程度であると推定できる。この内、粒径1μm以下の微小な粒子の多くは肺胞まで到達するため、全てが咽頭などで捕捉され、消化器系へと移行するわけではないが、おおよその大気経路土壤粒子摂取量の上限值を与える値であると考えられる。

子供達は手指をよく舐めるなどの行動をすることから、今、外で遊んでいた子供達の手指に付着していた土壤粒子が、手指を舐めることによって、あるいは手指に付着していた土壤粒子が食品に移り、その食品を食べるなどの行動によって、全て経口摂取されると仮定すると、3.(2)の結果からは95パーセンタイル値で約50mgほどの土壤粒子を摂取することになる。手指についていた土壤粒子が全て経口摂取されるという仮定は過大評価であると考えられるが、おおよその上限値を与える値としては使用できると考えている。ただし一度、手指についた土壤粒子を摂取した後、再び手指に土壤粒子が付着してそれを摂取するといった場合も考えられるため、必ずしも手

指に付着した土壤粒子起源の摂取量の上限值であるとは言いきれない。この値は1日1回園庭や公園などで遊ぶとした場合のおおよその手指經由土壤摂取量の上限値の目安を与えるものと考えている。

現在の土壤含有量基準の算定では子供達の1日当たり土壤摂取量を95パーセンタイル値で200mg/日と仮定している。本研究で推定された値は、1日1回園庭で遊ぶとした場合、手指から50mg/日、大気から0.5mg/日であり、土壤環境基準の算定で用いられる値の約1/4となった。本研究での推定値は室外で30分間遊んだときの値であるが、実際には1日30分以上遊ぶ場合があること、室内においても土壤粒子を摂取する可能性があること、などを不確実さを考慮すると、土壤環境基準の算定で用いられる値200mg/日は過大ではないと考えられる。本研究では、手指に付着している土壤粒子量と大気経路の土壤粒子量の和が土壤環境基準の算定で用いられる値よりかけ離れて小さい場合には、現在の値が過大評価である可能性が高いと判断できると考えて調査を行ったが、同一オーダーの推定値が得られたことから、むしろ今回の調査結果は、土壤環境基準の算定で用いられる値の妥当性を示していると考えられる。

5. 結論

本研究では、子供達のおおよその1日当たり土壤摂取量を推定し、現在土壤粒子摂取量として用いられている値の妥当性を検討するため、手指に付着した土壤粒子量を実測するとともに、大気経路土壤粒子摂取量の上限值を推定し、その和を土壤粒子摂取量の上限値の目安と考えた。その結果、以下の結論が得られた。

- 1)手指についている土壤粒子などを拭き取り材で拭き取る方法によって、土壤粒子量を推定する方法について検討した。その結果、拭き取り材からのAI抽出量などによって、土壤粒子量の推定が可能であることがわかった。
- 2)69人の幼児が保育園園庭で遊んだ後の手指に付着している土壤粒子量を実測した。その結果、付着量は対数正規分布をし、50パーセンタイル値で約10mg、95パーセンタイル値で約50mgという値を得た。
- 3)2)と同様に手指に付着しているPbの量を測定すると、それは土壤粒子起源と考えられる量よりも多くなる傾向が見られた。このことから、手指に付着するPbなどの起源としては、塗装面など他の因子も考慮する必要があると考えられる。
- 4)SPM濃度と呼吸量からは、大気経路の土壤粒子摂取量は0.5mg/日程度と推定された。よって、この値と手指に付着した量との和を、土壤粒子摂取量のおおよその目安

を与える値であると考え、現在、土壌含有量基準算定で用いられている値の1/4程度の値となった。手指に付着した土壌粒子が傾向摂取に至る割合や頻度の不確実性を考慮すると、現在、土壌含有量基準算定で用いられている値は、過大であるとはいえないと考えられる。

なお、本解析ではこの園庭での土壌中金属濃度のばらつきなどは測定対象としなかった。これは子供の手指に付着した土壌量のおおよその値を求めるという目的を達成するためには、この園庭の土壌中金属濃度の平均的な値がわかれば十分と考えたためである。しかし土壌からのAl抽出量とPb抽出量の比に比較的大きなばらつきが見られたことなどから、手指への土壌付着量のばらつきなどをより正確に評価するためには、場所による土壌中金属濃度の違いなどの統計的解析を必要とすると考えられる。

参考文献

- 1) 土壌汚染をめぐるブラウンフィールド対策手法検討調査検討会：土壌汚染をめぐるブラウンフィールド問題の実態等について 中間とりまとめ
- 2) 環境省：土壌汚染対策法に係る技術的事項についての考え方の取りまとめ案
- 3) Binder S, Sokal D, and Maughan D.: Estimating Soil Ingestion: The Use of Tracer Elements in Estimating the Amount of Soil Ingested by Young Children, Archives of Environmental Health 41, pp341-345, 1986
- 4) Davis S., Waller P., Buschborn R., Ballou J., and White P.: Quantitative Estimates of Soil Ingestion in Normal Children between the Ages of 2 and 7 Years: Population-based Estimates Using Aluminum, Silicon, and Titanium as Soil Tracer Elements, Archives of Environmental Health 45, pp112-122, 1990
- 5) Van Wijnen J.H., Clausing P., and Brunekreef B.: Estimated Soil Ingestion by Children, Environmental Research 51, pp147-162, 1990
- 6) 米田稔, 辻貴史, 坂内修, 森澤真輔：子供を対象にした公園土壌直接摂取のリスク評価における粒径の影響, 環境工学研究論文集, 第42巻, pp29-38, 2005
- 7) 池上麻衣子, 米田稔, 森澤真輔：塗装面への幼児の接触行動による重金属曝露量推定のための調査手法の検討, 環境工学研究論文集, 第43巻, pp215-226, 2006
- 8) H.J.M. Bowen, Environmental Chemistry of the Elements, Academic Press, London, pp333, 1979
- 9) 西村留美, 米田稔, 森澤真輔：確率論的方法と遺伝アルゴリズムを用いた土壌汚染調査地点の最適配置, 環境衛生工学研究, 第13巻第2号, 1999
- 10) 国立環境研究所, 大気環境月間値・年間値データ http://www.nies.go.jp/igreen/td_disp.html
- 11) 産業技術総合研究所, 化学物質リスク管理研究センター編「曝露係数ハンドブック (呼吸率)」
<http://unit.aist.go.jp/crm/exposurefactors/>, 2007
- 12) 土壌中のダイオキシン類に関する検討会：土壌中のダイオキシン類に関する検討会 第一次報告, 1999

(2007.5.25 受付)

The Validity of Default Value of Daily Soil Ingestion Evaluated by the Amount of Soil on Children's Hands

Maiko IKEGAMI¹, Minoru YONEDA¹ and Shinsuke MORISAWA¹

¹Dept. of Urban and Environmental Engineering, Kyoto University

Brownfields are becoming serious problems now. In soil contamination countermeasures law, the soil content standard is calculated by using the amount of soil ingestion each day. This amount is set at 200mg/day in the case of children and 100mg/day adult. The amount of soil particulate was able to be estimated by wiping soil particulate on hands and measuring the amount of Al in some stuff with which wipe hands. The amount of the adhesion of soil on children's hands examined by wiping their hands after they played outside was 50mg, and the estimated value of ingestion of soil particulate from the atmosphere was 0.5mg. If these values are equal to ingestion of soil particulate, they were about a quarter of the amount of soil ingestion each day. This conclusion shows the validity of the amount of soil ingestion used in environmental quality standards for soil pollution.