

## 工場・旧鉱山周辺環境中アンチモンの汚染調査と健康リスク評価

大同工業大学大学院 学生会員 齋藤知一  
 毒化工機(株) 森 俊介  
 大同工業大学 正会員 堀内将人

**1.はじめに** 当研究室では、2003 年度から岡崎市内 X 工場周辺 (以下、岡崎)のアンチモン汚染調査を行い、汚染実態を明らかにしてきた。本研究では、PRTR 制度閲覧のもとに愛知県で大気中へのアンチモン排出を公表している豊橋市内 Y 工場周辺(以下、豊橋)を新たな調査地点とした。さらに、愛知県内唯一のアンチモン鉱山であった津具鉱山(以下、津具)も調査対象地点に加えた。これら 3 地点の周辺環境調査(土壌・河川・大気)を実施し、アンチモン汚染の現状および存在形態を明らかにし、人の健康リスクを評価することを目的とした。汚染調査結果から、豊橋は工場に由来すると推定される汚染がほとんどなかったため、本概要では、岡崎と津具に関する土壌汚染の現状と人の健康リスク評価について研究成果をまとめる。

**2. 試料採取場所と採取方法** 岡崎土壌の採取地点を図-1 に、津具土壌の採取地点を図-2 に示す。

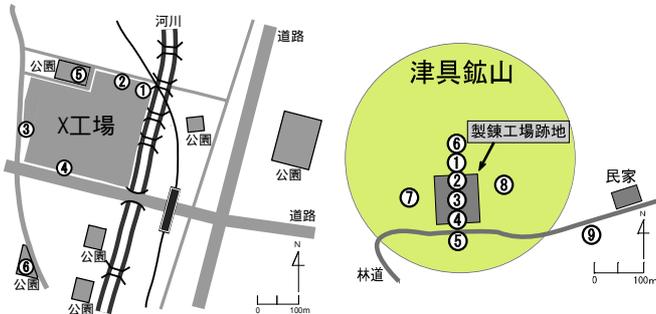


図-1 [岡崎]土壌採取地点

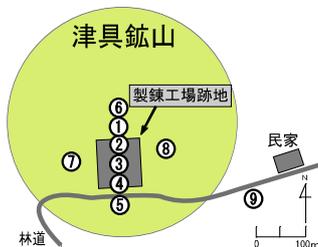


図-2 [津具]土壌採取地点

岡崎は深さ 0~5[cm]、津具は深さ 0~50[cm]までの土壌を 5 地点混合により深さ別に採取した。

**3. 抽出および分析方法** 土壌は以下の 7 種類の方法によって抽出し、ICP 質量分析器(Agilent7500ce)でアンチモン濃度を定量した。

(a)精製水抽出法:土壌環境基準の公定抽出法 (b)1N 塩酸抽出法:含有量基準の公定抽出法 (c)湿式分解法:土壌が含有する全量抽出法 (d)APCDT 抽出法:酸化数別に分離定量するための抽出法 (e)酒石酸抽出法:三酸化アンチモン濃度を調べるために用いる抽出法

(f)多段階抽出法:土壌への結合形態別に分離定量する抽出法 (g)生理学的抽出実験(以下、PBET 法):人の胃腸管を模擬した反応器に土壌を添加することで、体内への有害物質の吸収量を評価する抽出法

**4. 土壌汚染の現状** 湿式分解法で得られたアンチモン全量濃度と最大自然界値 0.91[mg/kg]<sup>(1)</sup>を比較し、土壌汚染の現状について考察する。岡崎の調査結果を図-3 に、津具の測定結果を図-4 に示す。

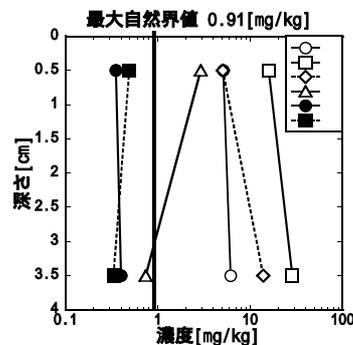


図-3 [岡崎]アンチモン全量濃度

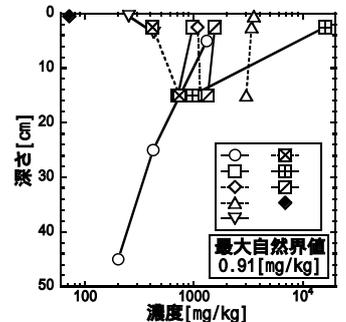


図-4 [津具]アンチモン全量濃度

岡崎は地点 深さ 2~5[cm]で、最大値 28.7[mg/kg]を検出した。最大自然界値を約 32 倍超過している。他の地点 ~ でも最大自然界値を超過した。深さ方向の分布では、濃度の高い地点 , , で深さが増すと濃度が高くなった。津具は全地点で最大自然界値を超過した。地点 深さ 0~5[cm]で 15900[mg/kg]を示したが、他の地点よりも極めて濃度が高く、1N 塩酸抽出法ではさほど濃度が高くない(地点 117[mg/kg], 地点 406[mg/kg])ことから、汚染原因が他と異なるか、測定誤差あるいは実験操作の過程で何らかの汚染があった可能性が考えられる。1N 塩酸抽出法で最も濃度の高かった地点 深さ 0~1[cm]で 3550[mg/kg]を示し、最大自然界値を約 3900 倍超過した。深さ方向の分布では、濃度の高かった地点 は深さが増すと濃度が低くなった。岡崎、津具とも最大自然界値を大きく超過していたことから、人為的に汚染されていると言える。岡崎に関しては、アンチモンを重合触媒として利用している工場

キーワード アンチモン, 土壌汚染調査, 健康リスク評価, 生理学的抽出実験

連絡先 〒457-8532 愛知県名古屋市南区白水町 40 大同工業大学大学院 工学研究科 TEL 052-612-5571

からの大気由来または直接的な汚染が考えられ、津具に関しては、土壌採取地点が製錬工場であったとされる場所の近くであるため、その製錬過程で発生するずり等によってアンチモン濃度が高められたのではないかと考えられる。汚染原因の違いが両地点の汚染の程度(濃度)の大きな差に反映されていることは明らかである。津具に関しては今後さらに調査地点を増やし、汚染の範囲を特定する必要がある。

**5.人の健康リスク評価** PBET法により得られた模擬胃腸管内でのアンチモン溶出量および大気中アンチモン濃度の実測結果などを用いて体内摂取量を推定し、TDI(耐用一日摂取量)とは、生涯にわたって人が毎日摂取し続けた場合でも、健康に悪影響を及ぼさない安全な一日摂取量の上限を意味している。

本研究ではアンチモンによる人の健康リスクを評価するにあたり、以下の摂取経路を考慮した。

(1) **[土壌からの経口摂取]** PBET法による実験結果から推定した、土壌摂取に伴うアンチモンの体内摂取量を表-1に示す。

表-1 PBET法から推定したアンチモン体内摂取量  
単位:[ $\mu\text{g}/\text{day}$ ]

大人	土壌		
	地点	空腹時	通常時
岡崎		0.26	0.12
津具		27	25
子供	土壌		
	地点	空腹時	通常時
岡崎		0.52	0.24
津具		54	50

岡崎、津具ともに、最もアンチモン汚染されている地点の土壌を摂取した場合の推定結果である。空腹時に最も摂取量が多いことがわかる。

(2) **[食物からの経口摂取]** 人が一日に食物から摂取する平均アンチモン量は大人で約 $5[\mu\text{g}]$ である。大人の日平均カロリー摂取量は $2500[\text{cal}]$ であり、5歳児(以下、子供)の日平均カロリー摂取量は $1600[\text{cal}]$ であることから、子供の一日アンチモン摂取量を $5 \times 1600 \div 2500 = \text{約} 3.2[\mu\text{g}]$ と算定した。

(3) **[水道水からの経口摂取]** 水道水中平均アンチモン濃度は $0.08[\mu\text{g}/\text{L}]$ である。一日に飲む水分量を大人、子供とも $2[\text{L}]$ とし、水道水からのアンチモン摂取量を $0.08 \times 2 = 0.16[\mu\text{g}/\text{day}]$ と算定した。

(4) **[呼吸からの吸入摂取]** 本研究では、現地においてエアサンプラーにより大気中アンチモン濃度を測定し

ている。大人一日あたりの空気吸入量は $15[\text{m}^3/\text{day}]$ であり、子供については、大人の体重 $60[\text{kg}]$ および吸入量 $15[\text{m}^3/\text{day}]$ と子供の体重 $20[\text{kg}]$ から子供の吸入量 $[\text{m}^3/\text{day}]$ を換算式<sup>(2)</sup>より求めると、 $15 \times (20 \div 60)^{3/4} = 6.6[\text{m}^3/\text{day}]$ となる。大気中アンチモン濃度(岡崎 $0.065[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 、津具 $0.009[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ ) $\times$ 空気吸入量(大人 $15[\text{m}^3/\text{day}]$ 、子供 $6.6[\text{m}^3/\text{day}]$ )からアンチモン摂取量を算定した。

上記(1)~(4)の摂取経路からの摂取量を合算することで、大人および子供のアンチモン摂取量をTDIと比較した。大人および子供での比較結果を表-2に示す。

表-2 汚染地域でのアンチモン摂取量とTDIとの比較  
単位:[ $\mu\text{g}/\text{day}$ ]

大人	土壌		食物	水道水	呼吸	合計	TDI
	地点	空腹時					
岡崎		0.26	5.0	0.16	0.98	6.4	100
津具		27	5.0	0.16	0.13	32.5	100
子供	土壌		食物	水道水	呼吸	合計	TDI
	地点	空腹時					
岡崎		0.52	3.2	0.16	0.43	4.3	33
津具		54	3.2	0.16	0.06	57.7	33

大人に関して、岡崎でのアンチモン摂取量はTDIの $1/10$ 以下であり、安全なレベルであると言える。津具に関しても、アンチモン摂取量はTDIの約 $1/3$ であり、毎日の生活に影響を与えるレベルではない。子供に関しては、岡崎でのアンチモン摂取量はTDIの約 $1/6 \sim 1/7$ であり、安全なレベルであったが、津具でのアンチモン摂取量はTDI値を約 $1.8$ 倍超過した。このことから安全なレベルではないと言えるが、旧鉱山に毎日子供が居る可能性は極めて低いので、あくまで安全側の評価ではある。しかし、大人よりも子供の方がアンチモンによる健康影響を受けやすいと考えられるため、旧鉱山周辺に立ち寄り際には手や顔に付いた土壌は素早く払い、口に入らないようにするなどの注意が必要である。

**6.おわりに** 津具は昨年度調査を開始したばかりであり、今後さらに調査地点を増やし、汚染の範囲を特定する必要がある。アンチモンの存在形態は汚染源の違いによって異なる結果を示していた。今後汚染の程度についてさらに検討を加え、存在形態を考慮する等によってより精度の高い健康リスク評価を行う予定である。

**参考文献** (1) 浅見輝男他:日本土壌肥科学雑誌,第59巻,第2号1988年 (2) Travis C.C.:Interspecies and Dose Route Extrapolations, Pharmacokinetics in Risk Assessment. Drinking Water and Health 8,1987