

土壤中 VOC の簡易迅速測定手法の評価

星 純也 樋口 雅人* 高柳 有希** 秋山 薫 佐々木裕子

(*現・東京都生活文化スポーツ局 **東京医薬専門学校)

要 旨

東京都が公募した「土壤汚染調査（揮発性有機化合物）の簡易で迅速な分析技術」の選定のための実証試験を実施し、申請された技術の評価を行った。また、実証試験実施のための基礎的條件の検討と、技術評価の基礎となる公定法分析の測定条件等の検討、課題の抽出も行った。

その結果、土壤汚染現場での均一な汚染土壌調製の手法を確立した。また、土壤中 VOC 測定では、迅速な試料採取が不可欠であること、土壌の採取・保管を適正に行うことにより、採取後 2 日間は土壤中の VOC を保存できることを明らかにした。さらに、公定法で定められた抽出時間の短縮化は抽出率の低下を招くが、抽出後のろ過操作は実施しなくても測定精度は低下せず、むしろ、ろ過操作によって VOC を揮発させ、測定値が低下することが明らかになった。

実証試験のための基礎的條件を設定し、申請された技術の評価を行った結果、ポータブルガスクロマトグラフ法、ポータブルヘッドスペース GC/MS 法など 4 技術を東京都の条例上の調査で適応可能な技術として評価した。

キーワード：土壤汚染、揮発性有機化合物（VOC）、簡易・迅速分析法、公定法、実証試験

Evaluation of Simple and Rapid Analysis Method of VOC in the Soil

HOSHI Junya, HIGUCHI Masato*, TAKAYANAGI Yuki**,

AKIYAMA Kaoru, SASAKI Yuko,

* Tokyo Metropolitan Government Bureau of Citizens, Culture and Sports

** Tokyo College of Medico-pharmaco technology

Summary

Tokyo Metropolitan Government invited public participation for “The Simple and Rapid Analysis Technique for the Survey of Soil Pollution (Volatile Organic Compounds)” and evaluated those techniques. In addition, we carried out the examination of a condition for verification test, and performed the study on a problem of standard method.

As a result, the technique for preparation of homogeneous polluted soil was established. It was also clarified that a quick sampling is indispensable and reasonable management of sample enable to conserve the VOC in a soil for 2 days. Moreover, we confirmed that low recovery rate was occurred by shortening of the extraction time provided in a standard method, but the prescribed filter operation causes a decline of measurement values.

As a result of evaluation, four methods such as portable gas chromatography or portable headspace gas chromatography mass spectrometry were accredited with useful method.

Key words: Soil Pollution, Volatile Organic Compounds (VOC),
Simple and Rapid Analysis technique, Standard Method, Verification Test

1 はじめに

土壌汚染の多くはかつての経済活動に起因する「負の遺産」であり、この負債を将来に残さないためにもその対策が急務となっている。東京都では土壌汚染の解消を目指して平成13年10月から工場・事業所の廃止時や土地改変に際し、土壌汚染の調査と対策を盛り込んだ「都民の健康と安全を確保する環境に関する条例（環境確保条例）」を施行した。この条例に基づき、平成16年度までに都内で毎年約400件の土壌汚染状況調査が実施されている¹⁾。

土壌汚染の対策では一般に土壌の処理や調査・分析費用が高額であり、土壌汚染が確認されても中小事業者にとってその対策は技術的・コスト的に困難な場合が多い。そのため、東京都では土壌汚染対策費用の低減を目的とし、汚染物質の分析費用の低減化、調査期間の短縮化を図るための簡易で迅速な分析技術（以下、簡易法とする）の選定を行ってきた。

簡易法の選定は、すでに実用段階にある優良な技術について公募を行い、土壌汚染対策法（平成15年2月施行）に定める公定法との比較試験を中心とした実証試験の結果を基に行った。選定された技術は都の条例による土壌汚染調査で活用することとしている²⁾。平成17年度には第二種有害物質（重金属等）を対象とした簡易法の実証試験を行い、13技術の選定を行った³⁾。これに引続き、平成18年度には重金属類と同様に土壌汚染判明率が高い第一種有害物質（揮発性有機化合物:以下VOCとする）の溶出量の簡易法の実証試験を行った。

筆者らは平成17年度と同様に平成18年度の簡易法の選定事業において実証試験の実施と選定基準の作成、評価を行った。また比較対象となる公定法についても測定条件を検討し、問題点の抽出を行ったので報告する。

2 実証試験方法

(1) 評価対象技術

東京都環境局では平成18年7月24日から「土壌汚

染調査（揮発性有機化合物）の簡易で迅速な分析技術の公募」を行った。本年度の対象物質を表1に示した。また、応募要件は平成17年度³⁾とほぼ同様であるが「調査現場での分析ができること」という条件が平成18年度は追加された。申請のあった技術のうち、応募要件を満たしている技術について実証試験を実施した。

表1 対象物質および土壌溶出量基準

| 対象物質(第一種有害物質) | 汚染土壌処理基準 (土壌溶出量基準) |
|-----------------|-----------------------|
| 1,1-ジクロロエチレン | 0.02mg/L以下 |
| ジクロロメタン | 0.02mg/L以下 |
| シス-1,2-ジクロロエチレン | 0.04mg/L以下 |
| 1,1,1-トリクロロエタン | 1mg/L以下 |
| 四塩化炭素 | 0.002mg/L以下 |
| ベンゼン | 0.01mg/L以下 |
| 1,2-ジクロロエタン | 0.004mg/L以下 |
| トリクロロエチレン | 0.03mg/L以下 |
| 1,3-ジクロロプロペン | 0.002mg/L以下 |
| 1,1,2-トリクロロエタン | 0.006mg/L以下 |
| テトラクロロエチレン | 0.01mg/L以下 |

(2) 土壌汚染現場での測定

実証試験の一つとして東京都の多摩地域にあるテトラクロロエチレンで汚染された現場での測定を行った。汚染現場では土壌2~3kgを採取した後、約5mmのメッシュのふるいを通して、容量5700mLのポリプロピレン製容器に入れ、さらに攪拌し均一試料を作成した。その後、ポリプロピレン製容器から筆者らと各申請者で同時に5検体ずつ採取した。筆者らは100mLのねじロビンに空隙の無いように土壌を採取し保冷して実験室に持ち帰り、公定法での分析を行った。一方、申請者は各々の測定法に従い、土壌抽出、測定用の容器に採取し、分析を行った。

(3) 溶液試験

簡易法の測定精度を評価するために対象11成分を含む混合標準溶液を用いて公定法との比較試験を行った。試験には低濃度標準溶液と高濃度標準溶液の2種類を用いた。低濃度試料は1000倍に希釈してから用いることとし、1,1,1-トリクロロエタン以外は1000倍希釈した際に基準値の60~80%の濃度になるように設定した。高濃度標準溶液は1000倍程度に希釈した場合

に、基準値が高い1,1,1-トリクロロエタンが基準値付近の濃度となるように設定した。作成した標準溶液は約1mLずつアンプルに入れて封じた。各申請者には高濃度、低濃度ともに6本ずつ配布し、5本以上の簡易法による測定値の報告を求めた。公定法でも同様に5本ずつの測定を行った。

(4) 公定法の分析条件

公定法によるVOC溶出量の測定は環境省告示第46号(平成3年8月23日)に従い検液を作成し、日本工業規格(JIS)K0125に定められた手法のうちのヘッドスペース-ガスクロマトグラフ質量分析法

(HS-GC/MS法)を用いて分析を行った。検液の作成時に用いた水は、あらかじめVOCブランクがないことを確認した市販のミネラルウォーターを用いた。ただし、作成した検液のろ過操作は後述する検討結果を踏まえ省略した。ガスクロマトグラフ質量分析計の分析条件を表2に示した。土壌試料・高濃度溶液試料と低濃度溶液試料とでは測定機器を変えて行っているが、使用したカラムや昇温条件等は基本的に変更していない。

(5) 簡易分析メソッドによる回収試験

簡易法の測定条件の基礎的検討として、典型的な簡易法の抽出方法を実験室で再現し(簡易分析メソッド)、抽出時に市販の標準溶液(VOC12種混合標準溶液、各成分1mg/mL、メタノール溶液:和光純薬製)を添加して抽出容器からの回収を確認した。はじめに容量約500mLのねじロビンに200mLのミネラルウォーターを入れて、40°Cに保った恒温槽で30分加温した。加温後、20gの土壌及び標準溶液を混合し、手で激しく1分間振とうしたのち2分間静置して、容器上部のガスの測定を行った。簡易分析メソッドではヘッドスペースサンプラーを用いることができないため、大気濃縮装置付きガスクロマトグラフ質量分析計(GC/MS)で測定した。大気濃縮装置とGC/MSの測定条件を表3に示した。

回収率を算出するために、前述のミネラルウォーター+土壌+標準溶液(①)の他にミネラルウォーター+土壌(②)、ミネラルウォーター+標準溶液(③)、の各々の試料を3つずつ作成し、(①-②)/③から回収率を算出した。標準溶液は溶出液濃度で50µg/Lになるように添加した。また、土壌は実証試験現場から採取してきた試料を加温し、VOCを除去したものをを用いた。

表2 公定法(HS-GC/MS法)の分析条件

| | | |
|----------------|---|-------------|
| ヘッドスペースサンプラー | HP 7694 (Agilent製) | |
| オープン温度 | 60°C | |
| ループ温度 | 130°C | |
| トランスファーライン温度 | 200°C | |
| ガスクロマトグラフ質量分析計 | GC5890/MSD5971 (Agilent製) (土壌試料・高濃度溶液試料) GC6890/MSD5973 (Agilent製) (低濃度溶液試料) | |
| カラム | DB-1301 (J&W製) 長さ60m×内径0.25mm×膜厚1.0µm | |
| カラム温度 | 40°C (6.5min)→6°C/min→100°C (2min) →10°C/min→210°C→20°C/min→230°C (0.5min) | |
| キャリアーガス | He 1.2ml/min (土壌試料・高濃度溶液試料) He 0.9ml/min (低濃度溶液試料) | |
| 注入口温度 | 200°C | |
| 測定モード | SIM | |
| 測定イオン | | 定量イオン 確認イオン |
| | 1,1-ジクロロエチレン | 96 61 |
| | ジクロロメタン | 84 49 |
| | シス-1,2-ジクロロエチレン | 96 61 |
| | 1,1,1-トリクロロエタン | 97 61 |
| | 四塩化炭素 | 117 119 |
| | ベンゼン | 78 77 |
| | 1,2-ジクロロエタン | 62 64 |
| | トリクロロエチレン | 130 132 |
| | シス-1,3-ジクロロプロペン | 75 110 |
| | トランス-1,3-ジクロロプロペン | 75 110 |
| | 1,1,2-トリクロロエタン | 97 83 |
| | テトラクロロエチレン | 166 168 |

表3 簡易分析メソッドの分析条件

| | |
|-----------------------|--|
| 大気濃縮装置 | Entach-7000 (Entech製) |
| モジュール1 | ガラスビーズ -155°C(濃縮 150ml/min)→20°C(脱着) |
| モジュール2 | Tenax TA 15°C(移送 30ml/min)→180°C(脱着) |
| モジュール3 | 溶融シリカキャピラリーカラム -160°C(再濃縮 キャリアーガス流量)→80°C(脱着) |
| ガスクロマトグラフ質量分析計 | GC6890/MSD5972A (Agilent製) |
| カラム | AQUATIC 長さ60m×内径0.32mm×膜厚1.4μm |
| カラム温度 | 40°C(4min)→5°C/min→140°C→15°C/min→220°C(5min) |
| キャリアーガス | He 1.0ml/min |
| 試料注入法 | パルスドスプリット 15psi (1min) |
| 測定モード | SIM |
| 測定イオン | 表2に同じ |

3 実証試験のための基礎的検討結果

(1) 均一試料の調製法

実証試験では当所で公定法分析のために採取する試料と各申請者が簡易法で測定する試料の均一性が問題となる。そこで実証試験の開始に先立ち、採取した試料のばらつきについて調査した。汚染地点から土壌を採取し、速やかに空隙が残らないように5個の容器に収めて密栓し、研究所に持ち帰りVOC溶出量の分析を行った。結果を表4に示した。通常の土壌中のVOC採取と同様の操作を行った結果、変動係数は20%前後の高めの値を示した。20%以上の変動を示す試料では最大値と最小値とで1.5倍以上の差を持つことになり、試料のばらつきが原因で簡易法の評価を正確に行えない可能性が考えられた。

実証試験ではばらつきの少ない共通試料を用意し、簡易法と公定法で測定して比較する必要がある。その一方

で、汚染現場の濃度を正確に把握する必要はなく、採取した試料からVOCが揮発して濃度が減少したとしても試料が均一であれば試験に支障は来さない。そこで、土壌を採取したのち約5mmのメッシュでふるい、団粒状の土壌を細かく砕いた後、容量5700mLのポリプロピレン容器に2~3kgの土壌を入れて蓋をし、よく振って均一化した。均一化処理後の測定値を表4に示した。変動係数はトリクロロエチレンで4.8%、テトラクロロエチレンで3.9%となり、土壌中VOC濃度の多少にかかわらず変動は数%以内となることが示された。そのため、その後の基礎的条件的検討、実証試験はすべて均一化処理をした試料を用いた。実証試験および予備試験等を通じて、公定法で現場汚染土壌の測定を計12回(各回5検体ずつ)行っている。

各回の変動 (n=5) はテトラクロロエチレンで1.9~

表4 土壌の均一化処理の効果

同一地点で採取し均一化処理をしない土壌

| | No.1 | No.2 | No.3 | No.4 | No.5 | 平均 (μg/L) | 変動係数(%) | 検出下限 | 定量下限 |
|------------------|------|------|------|------|------|--------------|---------|------|------|
| シス-1,2-ジクロロエチレン* | 0.7 | 1.1 | 0.8 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 26 | 0.3 | 1.1 |
| トリクロロエチレン | 2.4 | 3.3 | 2.7 | 1.9 | 2.5 | 2.6 | 21 | 0.1 | 0.4 |
| テトラクロロエチレン | 915 | 1198 | 1024 | 724 | 904 | 953 | 18 | 0.4 | 1.3 |

同一地点で採取し均一化処理をした土壌

| | No.1 | No.2 | No.3 | 平均 (μg/L) | 変動係数(%) | 検出下限 | 定量下限 |
|------------------|------|------|------|--------------|---------|------|------|
| シス-1,2-ジクロロエチレン* | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 7.7 | 0.3 | 1.1 |
| トリクロロエチレン | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.9 | 4.8 | 0.1 | 0.4 |
| テトラクロロエチレン | 535 | 560 | 518 | 538 | 3.9 | 0.4 | 1.3 |

* シス-1,2-ジクロロエチレンは定量下限値を下回っているため参考値とする

8.4%であり、実証試験用の試料についても均一性は確保されていた。

(2) 採取時間の影響

土壌中の VOC は揮発性が高いため、現場から土壌を採取してから採取瓶に保管するまでの間に濃度が変化することが考えられた。そこで、均一化処理した土壌をすぐに 100mL ねじロビンに密閉採取した場合とポリプロピレン容器に採取した状態で蓋をし、空隙のある容器内で 1 時間放置した後にねじロビンに採取した場合とで VOC 溶出量の比較を行った (図 1)。その結果、現場で 1 時間放置しておくことにより、測定値が 70%以下に低下し、均一化した土壌は速やかに密閉容器に採取する必要があることがわかった。実証試験の際は、公定法分析のための採取と簡易迅速測定用の試料採取を同時に開始し、1 分間で 1 検体の割合で 5 検体採取し、同時に採取を終了するようにした。

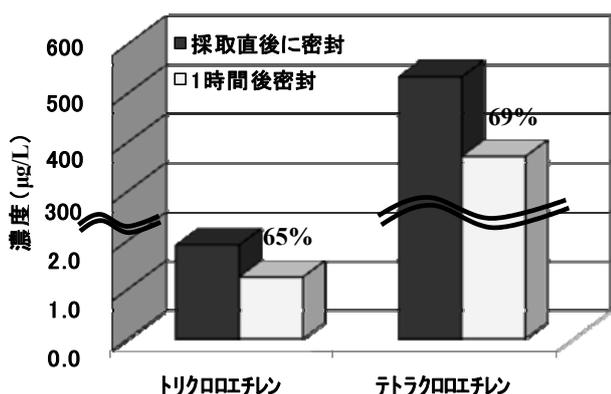


図 1 土壌採取時間による影響

(3) 試料の保存性

採取した土壌の保存性を確認するために均一化した試料を 15 個の容器に採取し、採取日当日 (1 日目)、翌日 (2 日目)、翌々日 (3 日目) にそれぞれ 5 検体ずつ分析した。その結果、採取翌日まで冷暗所保存して分析した場合でも、採取当日分析に比べ 94~97%の値を示した。(図 2)。採取容器に空隙が無いように採取し、ねじロビンで密閉して保存することによって、公定法の採取・分析でも翌日まで試料は保存できることがわかった。そのため、実証試験実施時には公定法分析は全て採取翌日とした。

(4) 公定法における試料抽出時間の影響

公定法では土壌とその 10 倍量の蒸留水で容器を満水にし、スターラーを用いて 4 時間攪拌することによって

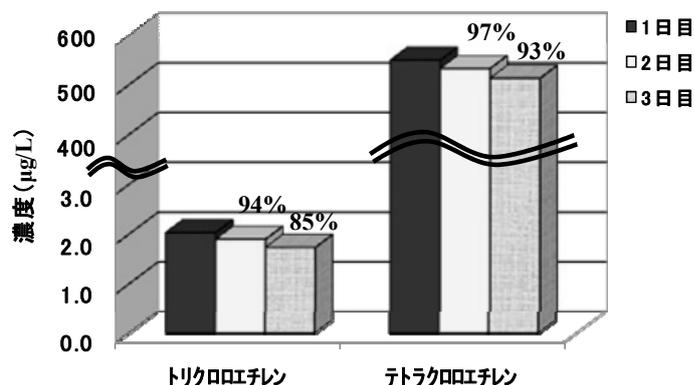


図 2 土壌試料の保存性

おり、抽出時間が測定時間全体の制限要因となっている。そこで、公定法分析の抽出時間の短縮による測定の迅速化の可能性について検討した。検討試験では同一の試料を公定法と同様の抽出方法で抽出時間のみ 15 分、30 分、1 時間、2 時間、3 時間、4 時間 (公定法) と変化させ、測定値の比較を行った。その結果、4 時間から抽出時間が短くなるにつれ、徐々に測定値が低下していく傾向が見られ、15 分抽出ではトリクロロエチレンで 4 時間の約 60%、テトラクロロエチレンで約 75%の値となった (図 3)。すなわち、公定法の抽出方法で抽出時間を短くすると、土壌の測定値を低く見積もる可能性があることがわかった。今回申請された簡易法の抽出はスターラーによる攪拌ではなく、手で激しく振とうさせるため、1~2 分抽出の際に同様の傾向で測定値が低下するとは限らないが、簡易法についても抽出方法に十分留意する必要があると考えられる。

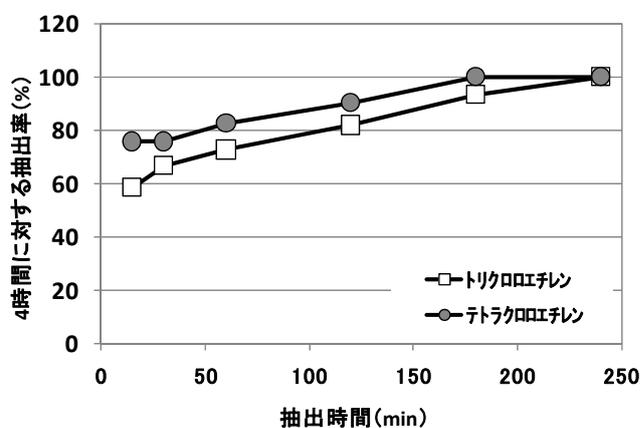


図 3 公定法の抽出時間の影響

(5) ろ過操作の影響

公定法分析では採取した試料を4時間抽出し、30分静置したのち、抽出液を孔径0.45 μmのメンブランフィルターを用いてろ過して分析することとなっている。しかし、土壌から抽出液中に溶出したVOC類は揮発しやすく、ろ過操作の際に消失する可能性が考えられた。そこで、ろ過操作の有無による測定値の比較を行った。その結果、ろ過操作を行った場合には、行わなかった場合に比べ測定値が約80%の値となり、操作中に試料溶液からVOC類が揮発・消失している可能性があることが示された(図4)。本実証試験で用いたHS-GC/MS法では検液中に多少の土壌粒子が混入していても分析に支障はない。一方でろ過操作は測定値が低く出ることから、汚染現場のVOC濃度を正確に把握できない可能性が考えられた。よって、本実証試験実施時の公定法分析ではろ過操作は行わないこととした。

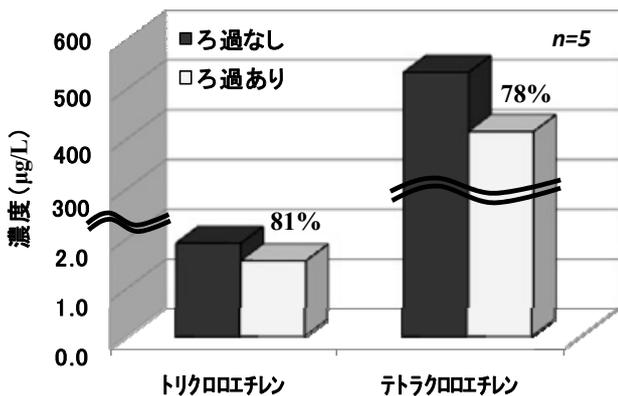


図4 ろ過操作の影響

(6) 簡易分析メソッドによる回収率

前述したように公定法では容器を満水にした状態で土壌からVOCを抽出し、抽出液の水相のみをバイアル瓶に分取し、上部の気相部分のガス濃度の測定を行う。すなわち、抽出は固相(土壌)–水相が共存する状態で行い、分析は水相–気相でVOCを気相に分配したのち、気相の測定を行う手法となる。一方、土壌中VOCの簡易測定手法では、密閉容器に土壌および土壌の10倍量の蒸留水を満水にせずに入れて振とうし、容器上部の気相部分のVOC濃度を測定する手法が一般に取られている^{4),5)}。本実証試験に申請された簡易法も概ね上記の方法で土壌からVOCを抽出することになっており、公定法に比べ、抽出方法が大きく異なっている。そのため、簡易法の抽出

方法では抽出液に溶出されたVOCが測定までに抽出容器中の土壌に再吸着し、測定値が低くなる可能性が考えられることから、標準試料を用いた添加回収試験を行った。

実験室で簡易法の抽出を再現した簡易分析メソッドによる回収率を表5に示した。いずれの成分もほぼ回収されることが確認された。すなわち、固相(土壌)–水相–気相が存在する状態で気相に分配されたVOCが固相に再吸着して消失する可能性は少ないと考えられる。

また、このことは公定法分析の際にろ過操作を省略し、土壌粒子が残留した状態でHS-GC/MS分析を行っても測定値の低下を招くことはなく、ろ過操作中の揮発・消失の方が大きいという結果を支持していると言える。

表5 簡易分析メソッドの回収率

| 成分名 | 回収率 |
|-------------------|-----|
| 1,1-ジクロロエチレン | 98% |
| ジクロロメタン | 97% |
| シス-1,2-ジクロロエチレン | 95% |
| 1,1,1-トリクロロエタン | 99% |
| 四塩化炭素 | 98% |
| 1,2-ジクロロエタン | 94% |
| ベンゼン | 94% |
| トリクロロエチレン | 91% |
| シス-1,3-ジクロロプロペン | 92% |
| トランス-1,3-ジクロロプロペン | 90% |
| 1,1,2-トリクロロエタン | 94% |
| テトラクロロエチレン | 89% |

4 土壌中VOC測定の簡易法の概要と技術評価

(1) 簡易法の評価方法

簡易法の評価は申請者より提出された報告書と、土壌汚染現場での汚染土壌の測定時の聞き取り調査及び分析操作等の確認によって行った。報告書の記載事項を表6に示した。

このうち検量線、検出下限、定量下限データは各申請者が用意した市販の標準品を用いて測定を行った。汚染土壌および溶液試料は2(2)、(3)に示した方法で測定を行ったものの報告を求めた。

これらの結果を基に簡易法の評価・選定を行った。ただし、汚染土壌現場では申請対象物質の全てが検出されるわけではなく、濃度レベルが基準値に比べかなり高いことから、現場の測定値は分析器の精度(測定値の変動)を評価するために用いた。

評価基準は基本的には平成17年度の重金属類の選定基準³⁾と同様とした。しかし、今回対象としたVOC類は揮

表6 報告書の記載事項

| |
|-----------------------|
| 簡易迅速分析技術の科学的原理 |
| 必要な機器・器材・試薬等 |
| 必要な人員数・技能 |
| 分析フロー、標準作業手順書 |
| 定量方法(絶対検量線、内標準法) |
| 検量線データ(各濃度3回以上) |
| 測定範囲 |
| 定量下限、検出下限 |
| 汚染土壌試料の分析結果(濃度及び標準偏差) |
| 溶液試料の分析結果(濃度及び標準偏差) |
| 前処理に要する時間 |
| 測定に要する時間 |
| イニシャルコスト、ランニングコスト |
| 特許、その他 |

発性が高く、分析操作過程でも揮発・消失がある程度は避けられないことから重金属類に比べばらつきが大きくなることが予想された。重金属類の選定基準は公定法の測定値の80~120%の範囲としたが、VOC類の場合には、その物性を加味し、公定法に対して高めに測定される場合には、公定法の130%までの値を選定基準として認めた。しかし、現場の汚染を見逃すことを避けるため、公定法に対して低めに測定される場合には、公定法の80%の値を下限とした。

一方、公定法による溶液試料の測定の結果、各物質の

変動係数(n=5)は低濃度溶液で2.1~3.7%、高濃度溶液で2.8~5.4%となり、提供した試料の均一性は保たれていた。

(2) 選定された技術の概要

以上のような評価を行い、評価書を作成し、都の土壌汚染対策委員会の審議を経て4技術が選定された。技術の概要を表7に示した。当初の対象物質のうち1,3-ジクロロプロペンはいずれの技術でも選定されなかったが、その他の物質については、4技術のうちいずれかの技術で適用可能となった。

5 まとめ

平成17年度に引き続き、簡易法の選定に際し、比較試験の実施、評価基準の作成と評価を行った。本年度対象としたVOC類は昨年度の重金属類とは異なり、揮発性が高く、汚染現場での実証試験が必要となった。そのため、実証試験実施のための基礎的條件の検討を行った。その結果、適正な試料採取と保存を行うことにより、採取後2日間は試料中のVOC類はほとんど揮発・減少しないことが示された。一方、現場での試料採取は迅速に行う必要があり、試料採取後1時間で、VOC類は30%以上減少することが明らかになった。さらに公定法分析に定められているろ過操作を行うことにより、測定値が20%程度減少し、操作中の試料の揮発の可能性が示された。

表7 選定された技術

| 技術No. | 技術の種類 | 検液の作成 | 分析手法 | 使用カラム | 昇温条件 | 対象物質 |
|-------|-----------------------|---|--------------------|--|----------------------------|---|
| 1 | ポータブル ガスクロマトグラフ | ガラス瓶に水を入れ、恒温槽(40℃)で加温 土壌を加え振とう(1分) | GC分離、PIDまたはDELCD測定 | UA-624(Frontier Lab) 長さ30m × 内径0.5mm × 膜圧3.0 μm | 55℃(5分) — 15℃/分 — 130℃ | 1,1-ジクロロエチレン シス-1,2-ジクロロエチレン ジクロロメタン テトラクロロエチレン 1,1,1-トリクロロエタン 1,1,2-トリクロロエタン トリクロロエチレン |
| 2 | ポータブル ガスクロマトグラフ | ガラス瓶に土壌試料と蒸留水を入れ、振とう(1分) | GC分離、PIDまたはDELCD測定 | NBW-310SS30(Frontier Lab) 長さ30m × 内径0.53mm × 膜圧3.0 μm | 40℃(9分) — 15℃/分 — 100℃(3分) | 1,1-ジクロロエチレン シス-1,2-ジクロロエチレン 1,1,1-トリクロロエタン |
| 3 | ポータブル ガスクロマトグラフ | ガラス瓶に水を入れ、恒温槽(35℃)で加温 土壌を加え振とう(1分) | GC分離、PIDまたはDELCD測定 | UA-624(Frontier Lab) 長さ30m × 内径0.5mm × 膜圧3.0 μm | 50℃ — 10℃/分 — 120℃ | 1,1-ジクロロエチレン シス-1,2-ジクロロエチレン テトラクロロエチレン 1,1,1-トリクロロエタン 1,1,2-トリクロロエタン トリクロロエチレン ベンゼン |
| 4 | ポータブル ヘッドスペースGC/MS | ヘッドスペース用バイアルに土壌試料と水、内部標準試料を入れて、激しく振とう(1分)、60℃に加熱されたサンプラーに静置 | GC分離、MS測定 | SPB-1(SUPELCO) 長さ30m × 内径0.32mm × 膜圧1.0 μm | 60℃(5分) — 20℃/分 — 140℃(1分) | 四塩化炭素 1,2-ジクロロエタン 1,1-ジクロロエチレン シス-1,2-ジクロロエチレン ジクロロメタン テトラクロロエチレン トリクロロエチレン ベンゼン |

GC:ガスクロマトグラフ、PID:光イオン化検出器、ELCD:気相電気伝導度検出器、MS:質量分析計

選定された技術は東京都環境局のホームページに標準作業手順書や簡易分析法採用マニュアルを掲載し、条例上の土壤汚染対策の中で土壤汚染調査手法の一つとして活用を促進していく。また、平成 19 年度は 17 年度以降に新たに開発・改良された技術を対象に、再度、重金属類および VOC 類の簡易・迅速分析法の実証試験を実施する予定である。また、東京都環境局では簡易・迅速分析技術の普及促進事業も計画しており、今後の簡易法の普及と土壤汚染対策の推進が期待される。

最後に土壤汚染現場を提供し、また実証試験に協力していただいた事業所の方に感謝いたします。

参考文献

- 1) 東京都環境局：東京都環境白書 2006～東京の環境 2006～,pp68-69 (2006)
- 2) 東京都環境局：土壤汚染調査における簡易分析法採用マニュアル,(2006)
<http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/chem/dojyo/file/manual/SPHMAmanual.pdf>
- 3) 樋口雅人ら：土壤の簡易迅速分析技術の評価手法の検討およびその適用 — 重金属、シアン等 —, 東京都環境科学研究所年報,pp.59-64 (2006)
- 4) 中島淳：土壤中のトリクロロエチレン等の測定について, 千葉県水質保全研究所年報(昭和 63 年度), pp77-80 (1988)
- 5) 鈴木喜計ら：有機塩素化合物による地質汚染簡易調査法, 公害と対策, Vol25, pp1505-1512 (1989)