

欧州 RoHS 指令改正に伴うフタル酸エステル類試験法における環境影響評価

Environmental impact assessment of phthalates analysis with respect to the European RoHS Directive(2011/65/EU)

○奥村真太郎*¹⁾、竹中みゆき²⁾、鈴木春生¹⁾、伊坪徳宏¹⁾

Shintaro Okumura¹⁾ Takenaka Miyuki²⁾ Haruo Suzuki¹⁾ Norihiro Itsubo¹⁾

1)東京都市大学 2)日立ハイテクノロジーズ

* 1462018@tcu.ac.jp

1. 背景

2015年6月4日に公布された2015/863(EU)により、RoHS指令(Directive 2002/95/EC Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electronic equipment)に従来の使用制限6物質(Cd,Pb,Hg,Cr⁶⁺,ポリ臭化ビフェニル(PBB),ポリ臭化ジフェニルエーテル(PBDE))に加えて、フタル酸エステル類4物質(フタル酸ジイソブチル(DIBP)),フタル酸ジブチル(DBP),フタル酸ブチルベンジル(BBP),フタル酸ジ-2-エチルヘキシル(DEHP))が追加され、禁止物質が合計10物質となった。従来の使用制限6物質は蛍光X線分析によるスクリーニング分析が行われてきたが、フタル酸エステル類については化学構造の中にハロゲン元素や金属元素を含まないため、従来のスクリーニング分析方法である蛍光X線分析の適用が困難となった。

フタル酸エステル類の分析方法としては樹脂試料から溶媒で目的成分を抽出し、GC/MSで分析する方法が一般的に用いられている。現在、ISO8124-6では前処理としてソックスレー抽出または溶媒抽出法を用いることが推奨されている。しかし、この方法はジクロロメタンなどの有機溶媒が多量に必要であること、試料から目的成分を抽出するのに多くの時間を要することが問題視されている。

今後、改正RoHS指令によりフタル酸エステル類の分析が多く行われることが予想され、効率的かつ環境や人体に及ぼす影響を最小限に留めた、分析方法の確立が求められている。

2. 研究目的

本研究では、ソックスレー抽出法を用いたガスクロマトグラフ質量分析(以下GC/MSとする)を行う前に、一次スクリーニングとして加熱脱離質量分析を行った場合を含む3シナリオで環境や人体に与える影響を定量的に評価し、加熱脱離質量分析の一次スクリーニングとしての効果を把握することを目的とする。異なる2つの分析方法を組み合わせたシナリオで材料調達段階から使用、廃棄に至る、分析方法のライフサイクルにわたる環境影響を定量的に評価することで、

より良いフタル酸エステル類の分析方法の提案を行うことを目指す。

3. 研究方法

3.1 評価対象

本研究では、フタル酸エステル類の分析方法である、加熱脱離質量分析とソックスレー抽出法-GC/MSを評価対象とする。

表1 対象とするフタル酸エステル類の分析方法

加熱脱離質量分析			ソックスレー抽出法-GC/MS		
工程	詳細	算定への考慮	工程	詳細	算定への考慮
①準備	・フタル酸エステル類を含む試料を準備する	×	①準備	・フタル酸エステル類を含む試料を準備	×
	・検量線の作成(一点検量:25ml)	○		・検量線の作成(4点検量:25ml×4)	○
②裁断・粉砕	・試料の裁断	×	②裁断・粉砕	・試料の裁断	○
	・分析装置で測定する	○		・試料を液体窒素で凍結粉砕	×
③加熱・測定	・サンプルを自動で装填	○	③溶解抽出	・樹脂を溶解させる	○
	・キャリアガス(窒素ガス)	○		・溶解(ソックスレー抽出時)	○
	・サンプルカップ	○		・ソックスレー抽出に必要な器具	×
				・換気する(ドラフト)	○
				・サロゲート添加	×
			④濃縮	・ジクロロメタンの体積が10mlになるまで濃縮	○
			⑤測定	・圧力を加える	○
				・冷却する	○
				・GC/MSで測定する	○
				・キャリアガス(ヘリウム)	○
				・カラムの交換	○
				・内標準物質添加	×
				・サンプルカップ	○

3.2 シナリオ設定

本研究では、フタル酸エステル類の定量分析を100社で行う場合を3つのシナリオに分け、算定を行った(表2)。1社あたり5ラボを有していると仮定し、1年間(250日)で1.0E+04検体(検量線作成成分は除く)のフタル酸エステル類の定量分析を行うこととし、これを100社で行い、「1.0E+06検体/年のフタル酸エステル類の定量分析」を機能単位とする。

表2 シナリオ設定の詳細

	詳細	スクリーニング法	定量法
シナリオ1	フタル酸エステル類のスクリーニング法を使用しない場合	-	100% (1.0E+06)
シナリオ2	スクリーニング分析を用い、2017~2018年に企業が規制対応する場合	100% (1.0E+06)	30% (3.0E+04)
シナリオ3	2019年以降、RoHS指令でフタル酸エステル類の規制が開始された場合	100% (1.0E+06)	5% (5.0E+03)

4. 算定方法

本研究での GHG 排出量、人間毒性(発癌性)、人間健康、統合化の算定には原単位法を使用した(算定式は以下の式 1,2,3 に示す)

特性化 = $\Sigma(\text{活動量} \times \text{原単位} \times \text{特性化係数})$ (式 2)

被害評価 = $\Sigma(\text{活動量} \times \text{原単位} \times \text{被害評価係数})$ (式 3)

統合化 = $\Sigma(\text{活動量} \times \text{原単位} \times \text{統合化係数})$ (式 4)

5. 結果

5.1 統合化

一次スクリーニングとして加熱脱離質量分析を用いた場合の統合化の算定結果を図 1 に示す。(方法 1: 加熱脱離質量分析、方法 2: ソックスレー抽出法-GC/MS とする)シナリオ 1 とシナリオ 2、シナリオ 3 のスクリーニング法が存在する場合を比較すると、スクリーニングの導入効果が大きいことがわかる。

ライフステージ別では、3 シナリオ共に、方法 2 の使用(実験中)段階が 9 割以上占める結果となった。これは主に、サンプルから目的成分を抽出する際に用いる有機溶媒を大気または水圏へ放出する影響している。

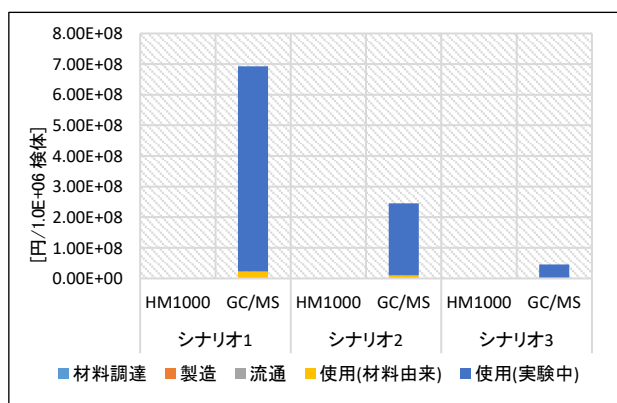


図 1 統合化

5.2 人間健康

3 シナリオの人間健康の算定結果を図 2 に示す。3 シナリオに共通して、使用(材料由来)段階が大部分を占める結果となった。主に、分析時の消費電力が大きく、それに伴う CO₂排出が影響している。LIME2 はジクロロメタンの大気、水圏への放出の係数は存在するが、室内放出の係数が存在しないため過小評価となっている可能性が高い。

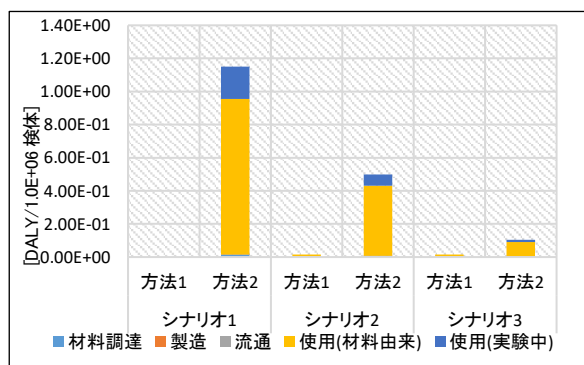


図 2 一次スクリーニングとして加熱脱離質量分析を用いた場合の被害評価結果

5.3 地球温暖化

3 シナリオの地球温暖化の結果を図 3 に示す。3 シナリオに共通して、使用(材料由来)段階が大部分を占める結果となった。主に、分析時の消費電力が大きく、それに伴う CO₂排出が影響している。

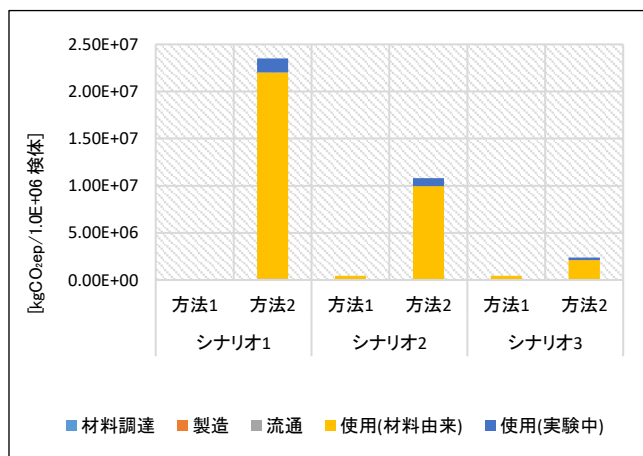


図 3 地球温暖化

6. 結論・課題

本研究では、フタル酸エステル類の定量分析を行う際、一次スクリーニングとして加熱脱離質量分析を導入した場合の環境影響を評価した。

いずれの結果もスクリーニング分析を導入することで、環境影響を大幅に削減できることがわかった。主にソックスレー抽出法-GC/MS の前処理にかかる消費電力、目的成分を抽出する際の有機溶媒の大気放出、水域放出がどの影響領域においても影響を及ぼしている。しかし、スクリーニング分析を行うことで、精密分析の分析回数を減らすことができ全体の環境影響を削減できることがわかった。

本研究における課題として、分析の精度にまで言及出来ていないため、スクリーニング分析によって正確に規制値を超えるサンプルをはじき出せているかが不明確である。また、ライフサイクル全体を考慮できていないため、過小評価となっている可能性がある。

7. 参考文献

- 1) 三島隆之:「化学物質規制と製品含有化学物質管理」
<<http://www.sei.co.jp/technology/tr/bn191/pdf/191-01.pdf>>
- 2) 環境省:(財)日本環境衛生センター「製品中の有害物質に起因する環境負荷の低減に関する調査報告書(平成 17 年 7 月)」
<<http://www.env.go.jp/press/101507.html>>
- 3) 電機・電子 4 団体作成 EU RoHS 指令制限対象フタル酸エステルに関する注意点-詳細
<<http://www.env.go.jp/press/101507.html>>

