

【3K133010】生物検定法による塩素化／臭素化ダイオキシン類測定評価法の確立と高度利用に関する研究（H25～H27；累計予算額 34,177千円）

鈴木 剛（国立研究開発法人国立環境研究所）

## 1．研究開発目的

本研究では、環境省が特措法に追加した生物検定法を応用して、費用対効果の良い塩素化ダイオキシン類と臭素化ダイオキシン類の測定評価法の確立とその高度利用の可能性を検証することを目的とした。

## 2．本研究により得られた主な成果

### （1）科学的意義

塩素化ダイオキシン類を検出する生物検定法として、世界的にも知名度の高い DR-CALUX アッセイ法と XDS-CALUX アッセイ法における臭素化ダイオキシン類の検出特性を明らかにした。本研究は、購入可能な臭素化ダイオキシン類を全て入手しており、これまでになく網羅的に臭素化ダイオキシン類の活性を評価することができ、塩素化ダイオキシン類との差を明示した。更に、ラット肝がん細胞由来の DR-CALUX アッセイ法とマウス肝がん細胞由来の XDS-CALUX アッセイ法で同じ化学物質標準品を評価することで、臭素化ダイオキシン類の毒性の種間差の一端を明らかにした。また、塩素化ダイオキシン類と臭素化ダイオキシン類の混合液による相加性評価では、塩素化ダイオキシン類と臭素化ダイオキシン類が相加的に作用することを明らかにした。これは、臭素化ダイオキシン類への WHO-TEF 設定にむけて、重要な知見となる。

精製カラムとして 55%硫酸シリカゲルカラムを、分画カラムとして 10%硝酸銀シリカゲルカラムを、和光純薬工業の協力のもと、世界で初めて開発した。特に、10%硝酸銀シリカゲルカラムと汎用溶媒であるヘキサンとアセトンで塩素化ダイオキシン類と臭素化ダイオキシン類を分別することができる知見は、世界で初めて明らかにした知見であり、大きな成果といえる。両カラムにおいて塩素化ダイオキシン類及び臭素化ダイオキシン類の回収率を網羅的に明らかにするだけでなく、様々な試料媒体の供試料量も明示した。これらは、両カラムや本研究で開発した測定評価法の汎用に繋がる重要なポイントである。また、塩素化ダイオキシン類と臭素化ダイオキシン類の WHO-TEQ を明らかにした既知濃度試料を用いて、本研究で開発した測定評価法を評価することで科学的知見に基づいてその有用性と限界を提示した。結果に基づいて、当該測定評価法のスクリーニング法としての位置付け、GC-HRMS 法との併用は、科学的飛躍のない結論として、国際的に広く受け入れられるものである。

本研究で開発した測定評価法による多媒体多検体試料（n=339）の評価結果は、臭素系難燃剤含有製品のライフサイクルにおける曝露・排出実態を明らかにし、臭素化ダイオキシン類の排出実態等を把握するための国内外の重要フィールドや管理すべきプロセスを明らかにした。当該測定法を活用することによって、臭素化ダイオキシン類の人への曝露や環境負荷の低減を導出できる。

### （2）環境政策への貢献

< 行政が既に活用した成果 >

特になし。

#### < 行政が活用することが見込まれる成果 >

本研究で開発した生物検定法による塩素化 / 臭素化ダイオキシン類測定評価法は、ダイオキシン類特別措置法附則二条に基づき実施されている臭素系ダイオキシン類の排出実態等調査に適用可能であり、当該評価法と GC-HRMS 法を併用することによって費用対効果と実態調査の充実度を高めることができる。臭素系難燃剤のうち、HBCD は 2012 年 10 月に残留性有機汚染物質 (POPs) 条約に追加され、建築用のビーズ法発泡ポリスチレン及び押出発泡ポリスチレンを除いて、その製造や使用が禁止されている。また、現在も臭素系難燃剤として使用されているデカ BDE についても、2016 年には POPs 条約に追加される見込みであり、自動車及び航空機用の特定の交換部品を適用除外として、その製造や使用が禁止される予定である。今後、既に販売された HBCD 含有製品やデカ BDE 製品は、引き続き使用されることになり、製品寿命を迎えた含有製品から徐々に処理処分されることになる。POPs に指定された HBCD やデカ BDE については、含有製品の使用や廃棄等を通じてそれ自体を適切に管理していく必要があるが、非意図的生成物或いは不純物として含有製品に付随する臭素化ダイオキシン類も適切に管理していく必要がある。従って、臭素化ダイオキシン類の排出実態調査は今後も必要と考えられ、本研究で開発した生物検定法による塩素化 / 臭素化ダイオキシン類測定評価法の高度利用による貢献が見込める。また、アジアやアフリカの途上国で臭素系難燃剤を含む廃電子機器や廃自動車の処理や不適切なリサイクルが大きな社会問題になっており、塩素化 / 臭素化ダイオキシン類による汚染実態把握において日本発の当該測定評価法のニーズがある。

#### 3 . 委員の指摘及び提言概要

塩素化ダイオキシン類と臭素化ダイオキシン類の分別評価法を開発した点は高く評価され、その他の成果も十分に実用的であり、行政での活用が待たれる。一方で、タイトルにある高度利用については、成果内容が分かりにくい。また、研究成果の発表状況の欄に記載がなく、特許申請や国際的な一流雑誌への掲載を急ぐ必要がある。

#### 4 . 評点

総合評点 : A