

放射光蛍光 X 線によるエフェドリン類に含まれる微量元素分析 Trace Elemental Analysis of Ephedrines Using Synchrotron Radiation X-Ray Fluorescence Spectrometry

牧野 由紀子
Yukiko Makino

(公財)高輝度光科学研究センター
JASRI

エフェドリン類(*l*-ephedrine and/or *d*-pseudoephedrine)は、覚醒剤メタンフェタミンの密造原料として利用されているが、国際的に流通している正規の医薬品である。覚醒剤原料エフェドリン類と製品である覚醒剤に含まれる微量無機元素との比較を目的として、放射光蛍光 X 線分析によるエフェドリン類に含まれる微量無機元素について分析を実施した。

覚醒剤結晶に対して、放射光蛍光 X 線分析法を用い、多数の無機元素を非破壊で検出することにより、密造法による特徴的な無機元素を見出すことは、現時点では難しいことが判明した。

キーワード： 科学捜査、乱用薬物、覚醒剤プロファイリング、エフェドリン類、蛍光 X 線分析

背景と研究目的：

覚醒剤乱用は平成 12 年をピークとする第 3 次乱用期にあり、MDMA などの合成麻薬や大麻の乱用、さらに、新規の危険ドラッグの乱用も大きな社会問題となっており、これら乱用薬物の取締対策に役立つ多面的な化学情報の必要性は高まっている。

本研究は、2011 年 12 月 1 日付けで公益財団法人高輝度光科学研究センター内に新たに組織されたナノ・フォレンジック・サイエンスグループ（主として犯罪捜査を含む法科学全般のための放射光利用による研究開発を行うことを主な業務とする）の研究の一つとして行ったものである。研究目的は、覚醒剤メタンフェタミンに必ず含まれている履歴とも呼ぶことができる隠れた化学的な特徴を顕在化させる多面的なプロファイリング^[1,2]の一情報として、無機不純物を非破壊的な放射光による分析法によって捉え、新たな手法として利用できるか否か検討することである。

実験：

実験に使用した試料は、正規に製造された *l*-ephedrine/HCl (6 種類)及び *d*-pseudoephedrine/HCl (5 種類)、生薬麻黄 (3 種類)、麻黄から抽出した *l*-ephedrine/HCl (3 種類)、市販の *d*-pseudoephedrine/HCl 含有錠剤 (3 種類)、錠剤より抽出した *d*-pseudoephedrine/HCl (4 種類)の計 24 種類である。

これらを、厚さ 6 μm のポリプロピレン薄膜に封入保持し、BL37XU 及び BL05SS の装置にセットしたうえ、測定を実施した。

BL37XU : Energy 35 keV、Counting time: 600s。

BL05SS : Energy 17 keV (Gap: 49.8 mm), beam size: 0.2 mm x 0.2 mm, counting time: 300 s

無機元素の検出に汎用されている ppb オーダーの検出が行える ICP-MS 法との比較が必要と考え、No.1 と No.21 のサンプルについてのみ、ICP-MS で定性分析を実施した。

結果および考察：

検出された元素を、表 1 に示す。

表 1. BL37XU 及び BL05SS の計測により検出された元素一覧

(○：検出、空欄：不検出)

	sample	P	Cl	Br	K	Ca	Ti or Ba	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb	Sr	Zr	Mo	Ag	Sn	Se	Ce	
l-ephedrine/HCl	No.1	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○									
	No.1 (ICP-MS の結果)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	No.2	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○									
	No.4		○	○	○	○				○	○	○	○										
	No.7	○	○	○	○	○						○	○	○									
	No.20	○	○	○	○	○					○	○	○	○	○							○	
	No.21 (ICP-MS の結果)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
d-pseudoephedrine/HCl	No.3	○	○	○	○	○				○	○	○	○			○							
	No.22	○	○	○	○	○				○	○	○											
	No.5	○	○	○	○	○								○									
	No.23	○	○	○	○	○				○	○	○	○										
	No.6	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○				○					
麻黄及び麻黄からの抽出試料 (l-ephedrine/HCl)	No.11 (麻黄粉碎微粉末)	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○					○	
	No.8 (No.11 からの抽出)	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○	○	○					○	
	No.12 (麻黄2粉碎微粉末)	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				○	
	No.9 (No.12 からの抽出)	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
	No.13 (麻黄3粉碎微粉末)	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				○	
	No.10 (No.13 からの抽出)	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				○	
錠剤及び錠剤からの抽出試料 (d-pseudoephedrine/HCl)	No.28 (錠剤1 粉碎微粉末)	○	○	○	○	○		○		○	○	○	○	○	○	○	○					○	
	No.25 (錠剤1 より抽出)		○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○					○	○
	No.29 (錠剤2 粉碎微粉末)	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○									
	No.30 (錠剤3 粉碎微粉末)	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○									
	No.24 (錠剤4 より抽出)		○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○					○	
	No.26 (錠剤5 より抽出)	○	○	○	○	○					○	○	○	○	○	○	○					○	
	No.27 (錠剤6 より抽出)	○	○	○	○	○					○	○	○	○	○	○	○					○	○

注：上記表中の No.1 と No.21 サンプルについてのみ、ICP-MS 法での測定結果を記載した。

ICP-MS により表 1 に記載の元素以外に、No.1 については Na, Mg, Al, Si, Sc, Co, Ge, Rb, Y, Ba, Tb, Pt, W, Lu, I, Cs, Tl が、No.21 については Na, Mg, Al, Si, Sc, Co, Ge, Y, Cs, I, Au が検出された。丸茂らの ICP-MS による覚醒剤メタンフェタミン中の無機元素についての報告^[3]では、Pb, Sr, Mo, Rb, Cs, Ba, I, Tl が検出されている。表-1 の ICP-MS で検出されている Pb, Sr, Mo, Rb, Cs, Ba, I, Tl が、放射光蛍光 X 線分析法では検出できなかったことから、放射光蛍光 X 線分析法は感度不足の問題があり、本研究目的に対し適切な分析法とは言えない。無機元素の検出を ppb オーダーで行うのに汎用されている ICP-MS 法が、プロファイリングに必要な無機元素の検出に適しているといえる。

今後の課題：

放射光蛍光 X 線分析法は、非破壊で測定できるということが特徴であり、極微量しかない貴重なサンプルの測定を幾つかの研究所の研究者が測定し比較するのには向いているが、覚せい剤押収品の場合は多量にある押収品を対象とするので、非破壊の必要はなく、ICP-MS で測定する方が精度の高い分析ができるといえる。今後は、ICP-MS を利用し、特徴的な極微量無機元素の検出を試みて、覚醒剤プロファイリングに役立つ情報を確保するべきであることを提案する。

参考文献：

- [1] Y. Makino, Y. Urano and T. Nagano, *Bulletin on Narcotics*, **157**, 63 (2005).
 [2] N. Kurashima, Y. Makino, Y. Urano, K. Sanuki, Y. Ikehara and T. Nagano, *Forensic Sci. Int.* **189**, 14 (2009).
 [3] Y. Marumo, T. Inoue and S. Seta, *Forensic Sci. Int.* **69**, 89 (1994).

©JASRI

(Received: November 7, 2016; Early edition: July 11, 2017;
Accepted: July 18, 2017; Published: August 17, 2017)