

# 元素の動きをX線動画で見る

## X-ray movie to see the motion of elements

SATテクノロジー・ショーケース2018

### ■ はじめに

(国)物質・材料研究機構(NIMS)は、X線を用いて非破壊的に元素の動きを時々刻々の動画として記録する技術を開発しました(図1, 2)。X線による元素分析は工業分析、環境分析の分野で広く用いられていますが、元素ごとの分布を画像として取得するイメージングには時間がかかり、動画イメージングはきわめて困難と考えられていました。今回開発された技術は、特殊な機器を用いないため、誰でもどこでも利用することができます。

時々刻々の元素ごとの動きをとらえることにより、化学反応に関する理解をこれまでよりも広く深く考察できるようになり、機能と化学反応の関係や物質合成の方法が見いだされるようになると期待されます。学術研究だけでなく、製造業の生産工程の管理や監視の方法、もしくは医療の現場での検査の方法としても新しい可能性を秘めています。さらに変化の追跡以外にも、短時間の撮像を大量に行う技術としても利用可能で、例えば、環境アセスメントなどへ貢献も有望です。

### ■ 活動内容

#### 1. 投影型蛍光X線イメージング法の開発

元素分析を行う技術である蛍光X線分析法を用い、元素の分布を調べ、画像を得るにはどうすればよいでしょうか。現在最も広く用いられている方法は、試料にあてるX線のビームサイズを小さくし、その地点の蛍光X線スペクトルを取得しながら、試料の位置をXY走査するというものです。多数の地点の蛍光X線スペクトルを集めることにより、元素ごとの画像を得ることができます。この方法は、XY走査に時間がかかり、また、走査の開始点と終了点では測定の時刻が異なるため、動画計測への応用は困難です。

そのため、NIMSでは、動画を得るには、従来技術である走査型を放棄し、別の方法、すなわち投影型を検討すべきであると考え、技術開発を行っています。XY走査を行うことなく画像を得るには、(1)分析視野全体にX線を広く照明すること、(2)コリメータ板やピンホール、あるいは他の結像光学系を用いて、試料の元素分布に対応するX線像を作りだすこと、(3)そのX線像をデータとして取得するために、2次元のX線検出器が必要です。

#### 2. 冷却CCD/CMOSカメラによるX線光子計数法の開発

投影型元素イメージングの技術課題は、どのようにして元素を識別するかという点にあります。走査型の場合には、

エネルギー分解能のある半導体検出器をただ使うだけでよかったのですが、投影型ではカメラのような2次元検出器を使うため、位置情報とX線エネルギーの両方を扱うところが課題になります。NIMSでは、可視光用の冷却CCD/CMOSカメラで非常に短い時間で撮像したときの画像の画素の明るさが、X線のエネルギー情報を与える点に着眼し、通常の半導体検出器と同じようにエネルギー分解能のある検出器として用いることができるような方法を見出しました(図1)。

### ■ 関連情報等(特許関係、施設)

特願2017-187361

特許第4674352号(2011)

特許第4604242号(2010)

特許第4581126号(2010)

特許第3834652号(2006)

特許第3663439号(2005)

特許第3049313号(2000)

ACS Omega, 2, 4363-4369 (2017)

Spectroscopy 32, (7) 32-34 (2017).

Sci Reports 7, 45472 (2017)

Rev. Sci. Instrum 88, 063703 (2017).

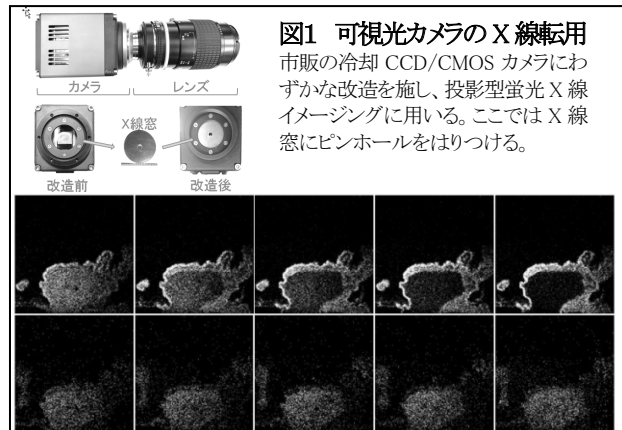


図1 可視光カメラのX線転用  
市販の冷却 CCD/CMOS カメラにわずかな改造を施し、投影型蛍光X線イメージングに用いる。ここではX線窓にピンホールをはりつける。

#### 図2 元素別X線動画撮像例(ケミカルガーデン)

(上段、下段がそれぞれの元素イメージ、時間軸は左から右へ)

・上段に示すように、初期の試料粉末の塊の中央から周辺部へ明瞭な元素移動が起きている。下段に示すように、もう一方の元素は、それほど顕著な元素移動は見られない。

・蛍光X線強度から定量分析ができるので、元素の移動量、移動速度を求めることができる。

代表発表者 **桜井 健次(さくらい けんじ)**  
所 属 **国立研究開発法人 物質・材料研究機構  
先端材料解析研究拠点**  
問合せ先 **〒305-0047 つくば市千現 1-2-1  
TEL: 029-859-2821 FAX: 029-859-2801**

■キーワード: (1) 元素分析  
(2) 動画  
(3) X線

■共同研究者: 趙文洋(Wenyang Zhao)  
筑波大学大学院数理工学物質科学研究所  
物質・材料工学専攻 D1