

特集：放射光利用の広がり(1)

シンクロトロン放射光の科学捜査への利用
—放射光 X 線イメージングによる非破壊観察について—

二宮利男, 村津晴司

兵庫県警察本部科学捜査研究所*

Application of Synchrotron Radiation X-ray Imaging to Forensic Samples

Toshio NINOMIYA and Seiji MURATSU

Hyogo Prefectural Police Headquarters, Forensic Science Laboratory

Abstract

Synchrotron radiation X-ray imaging at SPring-8 has been applied to forensic samples. X-ray refraction contrast images of *Cannabis sativa* L. seed, *Datura stramonium* L. seeds, black adhesive cloth-tapes, panty horse, polyester cloth and plastic foam sheets are presented and elemental maps of a meteorite fragment have been reported.

1. はじめに

科学捜査とは、種々の科学的手法を用いて犯罪捜査を行うことを意味する。科学捜査の分野では、犯罪に関係した種々の検査・鑑定を行っており、実際の事件を扱うことから、その内容が詳細に発表されることはほとんどない。しかし、たとえば、血痕についての血液型の鑑定、交通事故時における車両の速度の推定、シンナー成分の分析、覚せい剤や大麻、ヘロイン、コカインなどの乱用薬物類の鑑定、偽札や偽コインの鑑定、ひき逃げ事件に関係した塗膜片の鑑定、爆発物残渣の成分分析、各種事業所から公共水域へ排出される排出水中の有害成分分析など、その検査・鑑定の分野は広範囲である。これらの検査・鑑定には種々の分析手段が利用されているが、X線技術は非破壊的な分析手段として非常に重要である。

歴史的に、1895年11月8日(金曜日)の夕刻にW. C.レントゲンはX線を発見したことが報告されているが、その後、彼は、蓋をしたままでコンパスの磁針をX線透視によって観察し、また、妻の手のX線透視観察も行った。1896年には殺人事件にこのX線技術が利用されている。即ち、銃が使用されたこの殺人事件で、被害者の頭部のどの部分に銃弾が侵入しているかを調べるのにX線透視法が使用された。

このX線技術は、現在、科学捜査の分野において、レントゲン写真法やX線回折法、蛍光X線分析法などとして広く利用されており、最近では従来のX線管よりも優れたX線源としてシンクロトロン放射光が科学捜査分野へ利用されている。現実には、1998年7月25日に和歌山市園部で発生したいわゆるカレー毒物混入事件に関係して、SPring-8とKEK-PFの放射光が鑑定に利用された。また昨年には、この事件に関係してSPring-8を利用した再鑑定も行われた。

本稿においては、SPring-8の放射光を利用したX線イメージング法を用いた科学捜査関係の資料の非破壊的な観察例をいくつか紹介する。

2. X線イメージング法による非破壊的な内部観察について

2.1 植物種子

従来、レントゲン写真は、科学捜査分野で活用されているが、この方法では、軽元素からなる物質の内部構造を鮮明に観察することは、非常に困難であった。しかし、最近、X線の屈折効果を利用することによって、内部構造を非常に鮮明に観察できることが報告された^{1,2)}。我々は、この手法を応用して、軽元素からなる資料の内部をSPring-8の放射光を利用して詳細に観察している。

BL24XUのCハッチの光学系を利用して、資料から3メートル離してX線写真フィルムをおき、X線屈折コントラスト効果によって大麻種子と朝鮮朝顔種子の内部を観察した結果をFigure 1, 2に示す^{3,4)}。Figure 1の大麻種子では、将来、発芽して双葉となっていくと思われる内部構造が見られる。また、Figure 2の朝鮮朝顔種子の画像では、非常に鮮明に内部構造が観察できている。さらに、Figure 2の左右の朝鮮朝顔種子は、採取年度がそれぞれ1998年(a)と1999年(b)のものであるが、内部構造の違いが認められる。参考として、これら種子を通常の医学用レントゲン写真で撮影しても、ほとんど何も写らない。朝鮮朝顔は、アジア原産のナス科の植物で、薬毒物成分としてアルカロイド類(スコポラミン、アトロピンなど)が含まれていることが知られており、朝鮮朝顔の組織部分を摂取することで中毒症状となったことが各地で報告されている。たとえば、葉の部分をハーブと間違えて摂取して中毒症状となり、また根の部分をごぼうと間違えて食べて、中毒を起こしたことが報告されている。さらに種子をゴマと

* 兵庫県警察本部科学捜査研究所 〒650-8510 神戸市中央区下山手通5-4-1
TEL: 078-341-7441 (内4710) FAX: 078-351-7881 E-mail: toshioninomiya@msj.biglobe.ne.jp

間違えて食べて中毒を起こした例も報告されている。また暴行事件に種子が悪用された事例もある。

2.2 粘着テープの内部

粘着テープ類は、犯罪に関係して使用される場合がある。黒色粘着テープについて、通常、非破壊的に異同識別を行うことは非常に困難である。なぜなら、黒色は色彩的には無彩色であり異同識別しにくく、また粘着テープを構成している粘着剤成分等についてメーカーによる成分的な差異が少ない場合が多いからである。

Figure 3(a)に4種類の黒色粘着テープの外観写真を示す。また、**Figure 3(b)**にこれら4種類粘着テープのX線屈折コントラスト画像を示す。**Figure 3(b)**において、X線吸収度合いの違いが見られるが、詳細な違いを比較しにくいので、さらに拡大した画像を**Figure 4**に示す。この画像を比較すると明らかなように、4種類の黒色粘着テープを構成する内部の布の編み目構造の違いが歴然としており、この画像によって4種の粘着テープテープの異同識別を行うことが可能である⁴⁾。

この手法を利用することでパンティストッキングの編み目

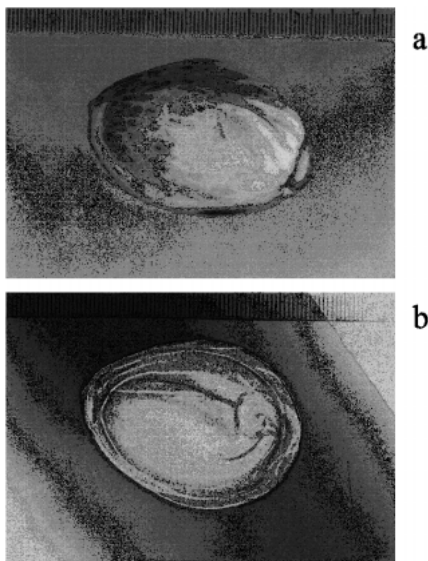


Figure 1 Profiles of *Cannabis sativa* L. seed
(a): optical image (scale: 0.1 mm)
(b): X-ray refraction contrast image

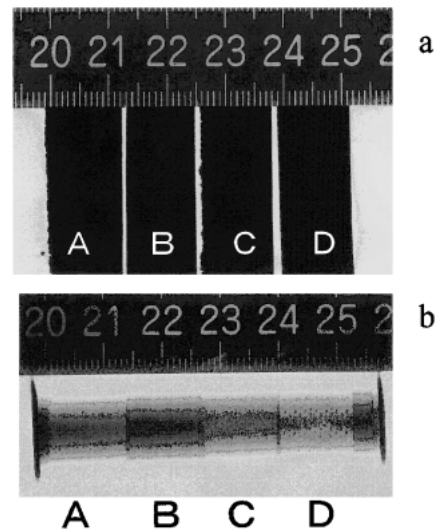


Figure 3 Profiles of black adhesive cloth-tapes
(a): optical image (scale: 1 mm)
(b): X-ray refraction contrast image

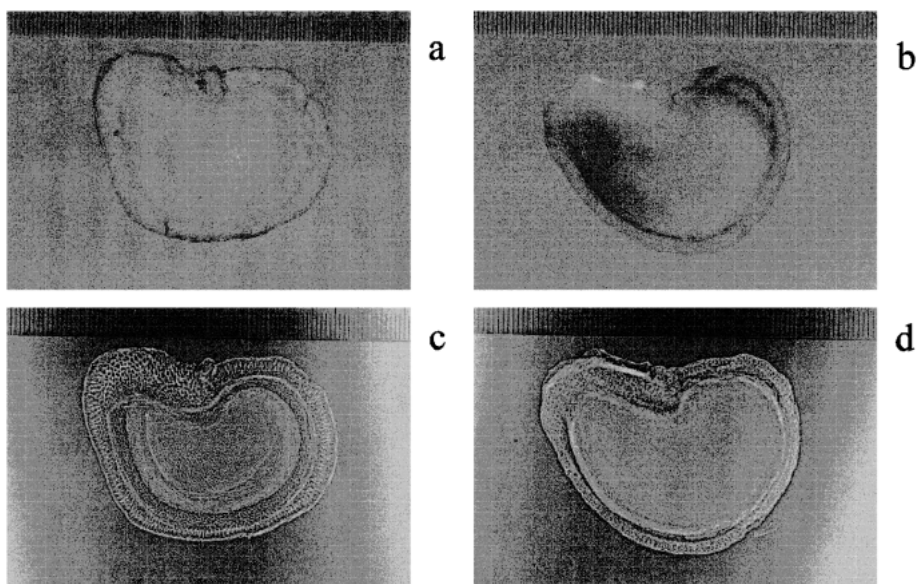


Figure 2 Profiles of *Datura stramonium* L. seeds
(a), (b): optical images (scale: 0.1 mm)
(c), (d): X-ray refraction contrast images

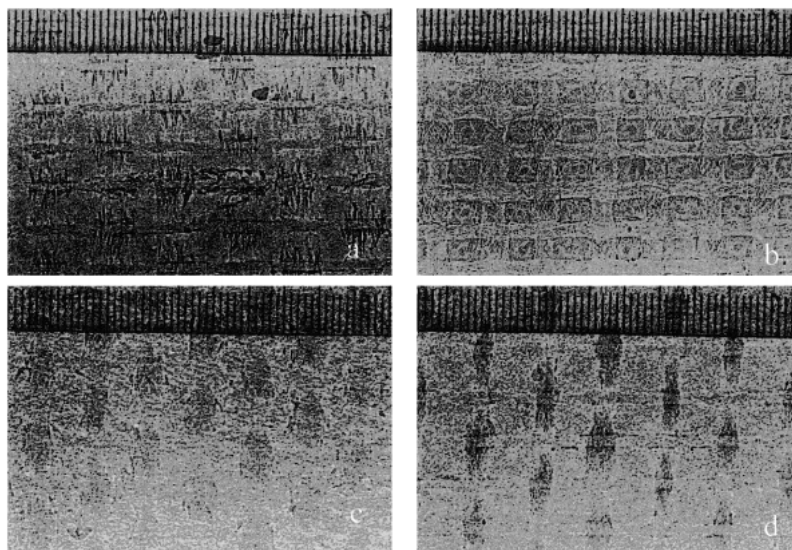


Figure 4 Magnified images of Figure 3(b) (scale: 0.1 mm)

構造も通常の光学顕微鏡よりもはるかに鮮明に観察することが可能である。

Figure 5 (a)と**(b)**にパンティストッキングの編み目構造の光学顕微鏡画像**(a)**とX線屈折コントラスト画像**(b)**を比較して示す。X線屈折コントラスト画像**(b)**は、光学顕微鏡画像**(a)**に比較してはるかに明瞭に単繊維の編目状態を示している³⁾。

さらに、布片の編み目構造の観察にもこの方法を利用することができる。

Figure 6 (a)と**(b)**に、資料であるポリエステル布の光学顕微鏡画像**(a)**とX線吸収コントラスト画像**(b)**を示す。**Figure 6 (b)**は、資料のすぐ後にX線フィルムを置いて撮影したいわゆるレントゲン写真画像であるが、何も写っていないことを示している。次に、**Figure 6 (c)**は、資料から30センチ離してX線フィルムを置き撮影したX線屈折コントラスト画像であるが、布片の編み目構造を明瞭に写しだしている。この画像をさらに拡大したものが**Figure 6 (d)**であり、さらに**(d)**の画像をもっと拡大したものが**(e)**の画像であるが、これらの画像は拡大してもぼけが非常に少ない。そして、これらの画像から、編目を構成している繊維が、さらに細い単繊維から構成されていることが明瞭に観察できる⁵⁾。

2.3 発泡体の内部

スポンジなどの材質の内部観察を通常の方法で非破壊的に行うことは非常に困難である。そこでX線屈折コントラスト効果を利用して内部観察を行った。その結果を**Figure 7 (a)**, **(b)**に示す。**Figure 7 (a)**の画像は、ポリウレタン発泡シートのX線屈折コントラスト画像であり、**Figure 7 (b)**の画像は、ポリプロピレン発泡シートのX線屈折コントラスト画像である。これらの画像を比較すると、それぞれの発泡シートを構成している発泡体組織の違

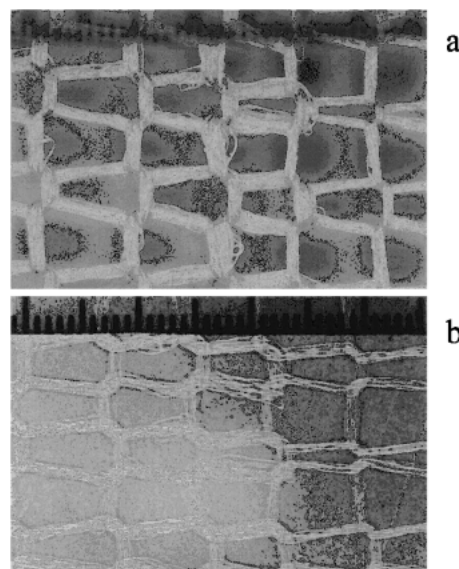


Figure 5 Profiles of panty horse
(a): optical image (scale: 0.1 mm)
(b): X-ray refraction contrast image

いが明らかである⁶⁾。このことから、逆に発泡体組織の違いから材質を推定することも可能と考えられる。この手法は、木材類の内部構造の観察や貴重な資料類の詳細な内部観察にも利用可能である。

なお、それぞれの資料が、封筒などに入れられた状態や紙やアルミ箔で包まれた状態でも、上述の**Figure 1~7**と同等のX線屈折コントラスト画像が得られることも確認している。

2.4 いん石

1999年9月26日(日)の夜、午後8時23分ごろ、神戸市北区の民家の屋根を“岩石のような物体”が直撃し、屋根を

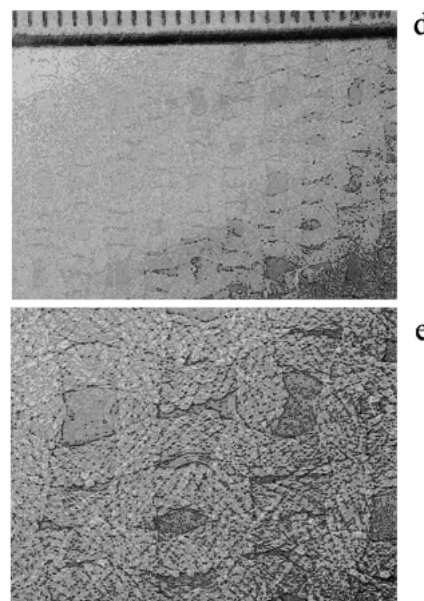
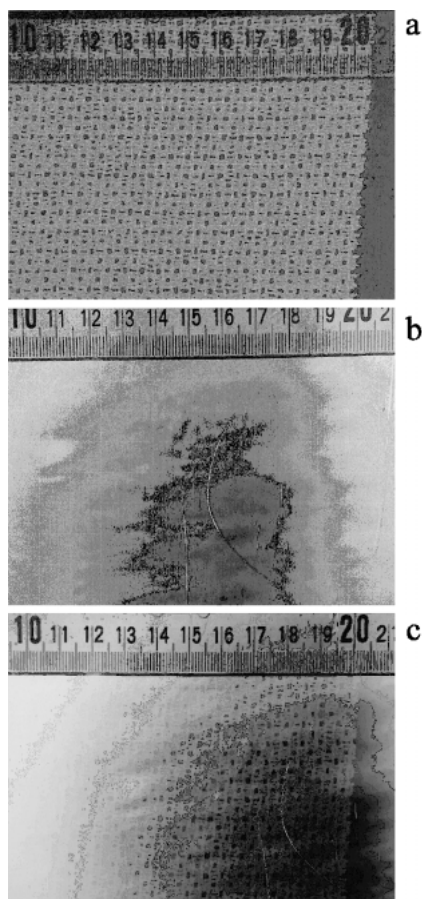


Figure 6 Profiles of polyester cloth
 (a): optical image (scale: 0.1 mm)
 (b): X-ray absorption contrast image
 (c): X-ray refraction contrast image (scale: 0.1 mm)
 (d): magnified of (c)
 (e): magnified of (d)

Figure 7 X-ray refraction contrast profiles of plastic foam sheets (scale: 0.1 mm)

(a): polyurethane type
 (b): polypropylene type

貫通して2階の居間まで侵入するという建造物損壊事件が発生した。幸いこの部屋は無人で人畜への被害はなかった。

この事件では、この“岩石のような物体”が直ちに科学捜

査研究所に持ち込まれ、どのような物体かを鑑定することが依頼された。その外観を **Figure 8** に示す。この事案は社会的な反響が非常に大きな事件であったが、各方面の協力を得て迅速に鑑定を行い、この“岩石のような物体”が“いん石”であることを解明して一件落着した。その鑑定の主な内容は論文として報告されている⁷⁾。その過程でこの“いん石”が磁石に感応して引きつけられる性質があることから、この原因を解明するために SPring-8 の BL24XU において姫路工業大学の松井純爾教授、籠島靖助教授の協力をえて、10 keV の X 線を 1×2 ミクロン単位の画素で1測定点あたり1秒計測し $50 \mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$ の範囲の元素分布マッピングを行った。その結果を **Figure 9** に示す。

この図で、カルシウムの多い部分では、鉄やクロムおよびニッケルなどの比較的重い元素が少なく、逆にカルシウムの少ない部分では、鉄やクロム、ニッケルが多いことが示されている。さらにその中でも部分的に、鉄とクロムが共存して多く含まれる部分があり、この部分がマグネタイト構造を形成して磁性を発現している可能性が考えられる。また、このいん石の鑑定の過程で、半減期の非常に短い放射性同位元素である Ni57, Mg28, K43, Sc47 を世界ではじめて確認するという幸運にも恵まれた。なお、この資料は、わが国に落下したいん石としては、1996年1月7

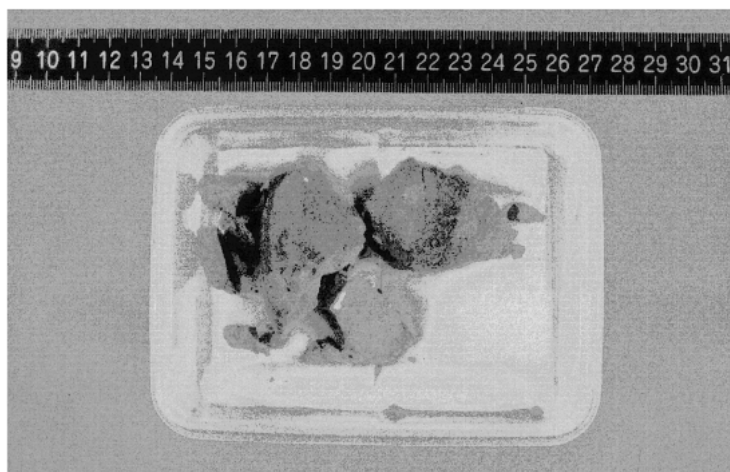


Figure 8 The appearance of the Kobe meteorite (scale: 1 mm)

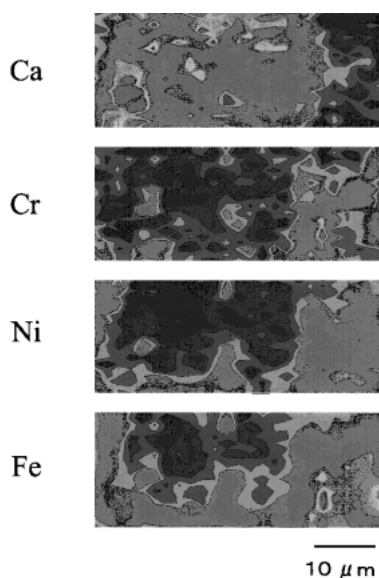


Figure 9 Elemental maps of the Kobe meteorite fragment

日につくばに落下した「つくばいん石」について歴史的に46例目のいん石で、1999年11月5日に国際いん石学会から「神戸」という名称が承認された。そして、このいん石は、わが国初の炭素質いん石であることも解明され、さらに落下が目撃され回収された炭素質いん石としては世界

で3例目となる珍しいいん石であることも判明した。実際の事件資料が学術的にも非常に貴重な資料となった極めてまれな例である。

3. おわりに

実際の事件資料を扱う関係上、残念ながら具体的な事件に関する資料についてはほとんど例示できなかったが、多くの事件を早期に解決し、国民がより安心して生活できる社会の実現に向けて、これからも努力していきたいと考えている。

謝辞

本研究にあたり、財団法人高輝度光科学研究センター、姫路工業大学松井純爾教授、籠島靖助教授および研究室の方々の協力を得た。ここに深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) A. Momose, et al.: Nature Med. **2**, 473 (1996)
- 2) S. W. Wilkins, et al.: Nature **384**, 335 (1996)
- 3) T. Ninomiya, et al.: SPring-8 User Experiment Report No. 3 (1999A), 307, (1999)
- 4) T. Ninomiya, et al.: SPring-8 User Experiment Report No. 4 (1999B), 302, (2000)
- 5) T. Ninomiya, et al.: SPring-8 User Experiment Report No. 5 (2000A), 444, (2000)
- 6) T. Ninomiya, et al.: SPring-8 User Experiment Report No. 6 (2000B), 219, (2001)
- 7) T. Maeda, et al.: Reports of the National Research Institute of Police Science, Research on Forensic Science **54**(1), 11 (2001)