방사광을 이용한 과학수사

과학수사라는 말이 사용된지도 오래되었고 매스미디어 등에도 자주 등장함에 따라, 과학수사는 사회적으로도 널리 인식되고 있다.

말할 필요도 없이 「과학수사」란 각종 과학적 수법을 이용하여 범죄를 수사하는 것인데, 범죄수법의 교묘화나 사건의 다양화 등에 따라 취급하는 증거자료도 미세하고, 미량화 되고 있으며, 이에 대응하기 위하여 최신 과학기술을 도입하는 동시에 새로운 분석방법의 개발에도 힘을 기울이고 있다.

여기에서는 과학수사에 방사광을 이용한 연구사례를 소개한다.

1. 머리말

일본 전국의 시도에 설치되어 있는 과학수사연구소에서는, 범죄에 관련된 모든 증거자료를 취급하여 그 증거자료에서 범죄에 관련된 정보를 추출하고, 감정하는 것을 주 업무로 삼고 있다. 예를 들면 혈흔에 대한 혈액형이나 DNA형 감정, 각성제나 대마초, 헤로인, 코카인, 시너 등의 남용 약물류 분석, 공장배수중의 유해물질 분석, 화재나 폭발의 원인 추정, 교통사고시의 차량속도 추정, 뺑소니 사건에 관련된 페인트 조각의 감정, 폴리그래피(거짓말 탐지기 등)에 의한 범죄심리의 감정, 가짜 지폐나 동전의 감정, 필적 감정 등 여러갈래에 걸쳐 있다. 이와 같은 갖가지 분야의 증거자료에 대응하기 위하여, 각 분야의 전문가 집단이 되어야 하고, 또 최신 과학기술에 뒤떨어지지 않도록 나날이 노력을 하고 있다.

우리가 하는 감정분석은, 특히 「법과학 분석」이라고도 하며 동정(同定)과 이동(異同) 식별을 목적으로 하는 분석방법을 중심으로 하고 있다. 각종 분석이나 해석의 필요성 및 재판상의 관점에서 비파괴 분석의 중요성이 높아지고, X선 분석기술의 응용범위가 넓어지고 있다.

한편, 싱크로트론 방사광(放射光)은 실험실에서는 얻을 수 없는 고휘도 X선원으로서의 특성을 가지고 있기 때문에 과학수사분야에서 더욱 유용한 분석수단으로 기대되었다. 그와 같은 상황하에서 효고현(兵庫縣) 서하리마(西播磨)지구의 하리마(播磨) 과학공원 도시에, 세계최대규모의 대형방사시설인 SPring-8이 완성되어, 1997년 부터 그의 이용연구를 시작하여 여러분야에서 큰 성과를 내고 있다. 필자도 1998년 부터 SPring-8의 방사광을 이

용하는 기회를 얻어, 각종 미량 미세자료를 대상으로 한 분석을 시도하여 왔다.

2. 방사광 이용연구

가. 전반사 형광 X선 분석법에 의한 남용 약물중의 미량성분 분석

각성제를 비롯한 남용약물의 감정은, 과학수사 분야중에서 질적으로나 양적으로도 중요한 위치를 차지하고 있다. 더욱이 약물남용문제는 약물의 다양화 및 남용 연령층의 저하 등으로, 세계에서도 가장 심각한 사회문제의 하나로 대두되고 있다. 따라서 압수한 약물본체의 감정에 그치지 않고 밀조 · 밀수 · 밀매 루우트의 해명을 위한 함유 미량성분에 의한 프로파일링(profiling)을 하여 왔는데, 유기성 불순물을 지표로 하는 것이 연구의 주류였다. 필자는 전반사 형광 X선 분석법이 비파괴 · 고감도인 원소성분분석으로써 과학수사분야에서 유용한 방법임을 발견하여, 과학수사 전용의 전반사 형광 X선 분석장치를 개발하는 동시에 여러가지 과학수사 자료에 적용하여 왔다. 그중에서 각성제 메탄 페타민, 마약인 헤로인이나 3, 4메칠렌 디옥키시메탄페타민(MDMA)에도 이 방법을 적용시켜, 자료 1mg 속에서 ng레벨의 각종 미량원소 성분을 검출하여, 이 방법을 남용약물의 프로파일링에 이용할 수 있는 가능성을 제시하였다.

전반사 형광 X선 분석법은, X선의 전반사(全反射)현상을 이용하여 백그라운드의 감소를 꾀하는 고감도 형광 X선 분석법이다. 방사광은 지향성이 높은 빔을 주기 때문에, 전반사와 같은 시사각(視射角)이 작은 측정에는 매우 유리하다는 점에서, 전반사 형광 X선 분석법의 선원으로 SPring-8의 고휘도 X선을 응용하기로 시도하였다.

먼저, SPring-8 · BL24XU의 실험해치 B에서의 여기에너지 10keV X선을 사용함으로써, 각종 남용약물중에 대하여 1~10pg레벨의 미량성분을 검출할 수 있었다. 이것으로 종래의 실험실 장치에서 얻은 자료량의 100분의 1양인 10㎍이라는 극소량의 각종 남용약물속에 있는 미량원소의 성분분석이 가능케 되어, 지금까지 분석이 어려웠던 소량의 자료에서도 이동(異同)식별 결과를 얻게 되어, 이것을 프로파일링에 연결할 수 있다고 생각하였다.

또한, 새로 개발한 전반사 형광 X선 장치를 사용하여 BL24XU의 실험해치 C에서 여기에너지 10keV, 15keV, 20keV의 X선을 선별 사용하여 분석방법의 개선을 시도하였다. 10keV, 15keV의 X선을 적용한 Zn, As 등 원소의 표준시료, 20keV의 X선을 적용한 남용약물을 분석하였더니, 검출 하한치를 10분의 1(<1pg)정도로 낮출 수 있었다. 이것으로 자료량을 한자리수 더 적게 해도 미량성분 분석이 가능하게 되고, 또 20keV의 X선을 사용함으로써 검출가능한 원소의 가지수도 증가시킬 수 있었다. 실험해치 C에서는 10keV, 15keV, 20keV의 X선 이외에도 2차광, 3차광으로서 30keV, 45keV의 X선도 끄집어 낼 수 있어서, 이것들을 이용하면 여기에너지가 가변성으로 되기 때문에 원소의 종류에 따라 여기효율이 좋은 X선을 선택할 수 있고, 이것을 선별사용함으로써 더욱 광범위하게 효율좋은 원소

성분분석을 할 수 있을 것으로 기대된다.

나. 고에너지 형광 X선 분석법에 의한 중원소성분 분석

SPring-8 · BL08W에서 고에너지 형광 X선 분석법을 이용함으로써, 종래법으로는 L선에 의하여 검출 하였던 I, Pt, Hg, 희토류원소 등의 중원소 성분을 K선으로 고감도로 검출할 수 있고, 또 방해피크가 적은 중원소 성분 분석이 가능케 된다.

각종 남용약물을 분석한 것에서 각성제 메탄페타민의 형광 X선 스펙트럼을 〈그림 1〉에 나타내었다. L선으로는 확인하기 어려웠던 I 등이 쉽게 검출되었다. 또 희토류원소 등의 중원소에는 특이한 것이 많고, 환경이나 토양 유래라고 생각되는 점에서, 특히 천연물 유래의 대마초나 아편의 기원분석으로서 유효한 수법이 될 것으로 기대 된다. 〈그림 2〉에 대마초의 형광 X선 스펙트럼을 나타내었다.

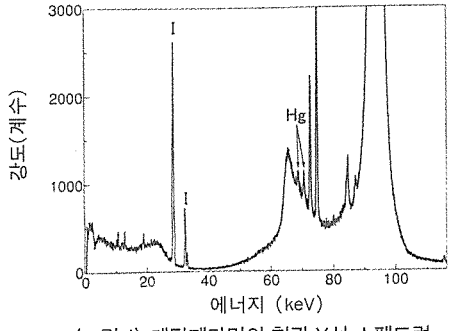
또, 과학수사에서 미세자료의 하나인 유리조각을 분석하여, K선에 의하여 중원소 성분을 검출하는 방법으로 고감도 비파괴 분석이 가능하게 되었다. 저에너지 영역에서는 이동(異同)식별을 할 수 없었지만 고에너지 형광 X선 분석법을 이용함으로써, 유리중의 미량성분인 Rb, Sr, Zr, Sn, Cs, Ba이나 La, Ce 등의 희토류원소가 이동(異同)식별의 표적으로 되어 이 방법과 굴절률 측정을 조합시킴으로써, 미세한 유리조각의 이동식별 방법으로 기대된다.

또한 교통사고나 절도사건 등에서 매일같이 등장하는 미세자료의 하나인 페인트칠 조각의 분석방법을 검토한 결과, 고에너지 형광 X선 분석법을 이용하여 미세한 페인트 칠조각에 대해서도 중원소 정보를 얻어 정도가 높은 이동식별이 가능케 되었다. 또 데이터베이스의 구축으로 차종 추정에 대한 응용도 크게 기대할 수 있다.

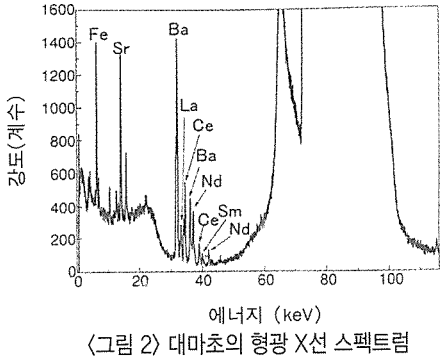
다. 굴절 콘트라스트 X선 이미징법에 의한 과학수사자료의 내부관찰

SPring-8 · BL24XU의 실험해치에서 굴절 콘트라스트 X선 이미징법으로 과학수사자료의 내부구조 관찰법을 시도하였다.

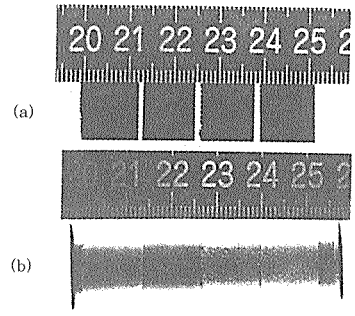
접착테이프 종류는 살인 등 중요 흉악범죄에 관련되어 사용되는 경우가 있다. 현재 접착테이프류의 감정은 색조, 테이프 폭이나 두께의 측정, 종횡구성 실의 갯수 등 외관적인 검사에 더하여 접착제 성분의 분석이나 기재성



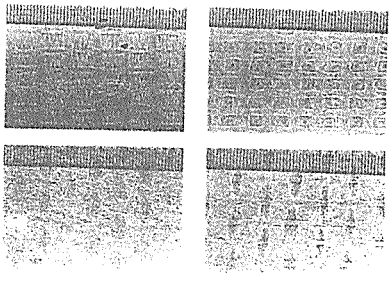
〈그림 1〉 메탄페타민의 형광 X선 스펙트럼



〈그림 2〉 대마초의 형광 X선 스펙트럼



〈그림 3〉 흑색 접착테이프 4종의 외관사진(a)과 굴절 콘트라스트 화상(b)



〈그림 4〉 흑색 접착테이프의 굴절 콘트라스트 화상(확대)

분, 구성실 성분의 재질을 검사하여 종합적으로 판단하고 있다. 그러나 실제로 이동식별을 할 때는, 접착제성분 등에 대해서는 제조회사간의 성분적인 차이는 적고, 색조나 외관적인 차이에 의하여 판단하지 않을 수 없다. 이 때문에 무채색인 흰색이나 검은색의 접착테이프에 대해서는 통상적인 방법으로 비파괴적으로 이동식별을 하는것은 매우 곤란하다.

〈그림 3〉(a)에 4종류의 흑색 접착테이프의 외관 사진을 나타내었다. 또 〈그림 3〉(b)에 4종류의 접착테이프에 대한 굴절콘트라스트 화상을 나타내었다. 자료에서 3m 떨어진곳에 X선 필름을 놓고 관찰한 결과를 나타낸 것이다. 〈그림 3〉(b)에서 콘트라스트의 차이를 볼 수 있지만 상세한 차이점을 비교하기 어렵기 때문에 더욱 더 확대한 화상을 〈그림 4〉에 나타낸다. 이 화상을 비교해 보면 명백히 4종류의 흑색 접착테이프를 구성하는 안쪽 포목의 그물코 구조의 차이점이 분명하며, 이 화상에 의하여 접착테이프의 이동식별을 할 수 있었다.

그 이외도 식물종자, 섬유, 발포체 등의 경원소로 된 물질의 구조를 선명하게 관찰하는데도 성공하여, 이 방법이 비파괴적인 이동식별에 유효한 내부관찰법이 될 가능성을 나타내었다.

3. 맺음말

과학수사에 방사광을 이용함으로써 미량 미세한 증거자료류의 분석이나 관찰이 가능하게 되어, 남용약물 이외에도 유리조각, 페이트칠 조각, 단섬유, 머리카락, 지문, 발사후 남은 찌꺼기 등 종래의 분석법으로는 불가능하여 뒤돌아 보지 않았던 것의 분석에도 큰 기대를 걸 수 있다. 수사에 활용하기 위해서는 이동식별이라는 관점에서 각각의 방사광에 의한 분석 데이터를 축적하여 데이터 베이스화를 도모하는 것이 가장 중요하다.

우리들의 방사광 이용연구에 의하여 과학수사분야에서 갖가지 미량 미세자료를 대상으로 한, 비파괴 또는 고감도의 이동식별 방법을 개발하여, 처음으로 귀중한 성과를 얻은 동시에 중요한 첫발을 내디뎠다고 생각한다. KRIA

〈村津晴司 ; 日本兵庫縣警察本部科學搜査研究所, Isotope News, 2004년 6월호〉

번역 : 편집실