

| 01 | 첨단범죄 능가한 '법과학'

# '나노그램'의 증거물까지 분석한다

글\_ 정희선 국립과학수사연구소 법과학부장 hschung7@nisi.go.kr

**법**과학(Forensic Science 法科學)이란 범죄사건의 과학적 해결을 위하여 그 사건에 관련된 각종 증거물을 과학적으로 분석, 검사하여 감정하는 학문을 뜻한다. 형사사건에서는 범죄현장 등에서 수집한 증거물에 대하여 과학적시험을 실시하여 수사나 재판에 필요한 자료를 제공하여 주며, 민사사건에도 서로의 쟁점에 대한 해결을 위하여 해당의 증거물들을 분석 검사하고 견해(見解)를 제공해 과학적 판결을 할 수 있도록 지원하고 있다.

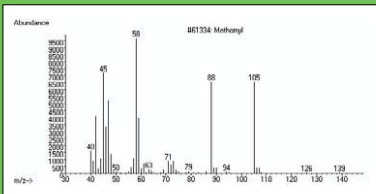
법과학은 그 분야가 범죄의 유형만큼이나 다양하여 살인사건 관련 증거물의 감정, 백골화 사체의 신원확인, 혈액형과 DNA형에 의한 개인식별, 허연탐지 검사, 필적과 인영감정, 영상분석, 약독물감정, 마약류감정, 미세증거물감정, 화재감정, 총기폭발물감정, 음성감정, 교통사고 감정 등 사회생활과 관련된 모든 분야에 걸쳐있으며, 전문적인 기술과 많은 경험의 활용에 의하

여 이루어지고 있다. 사건을 해결하기 위해 응용되고 있는 법과학적 기술에 대해 좀 더 자세히 알아보자.

### 혈액 속의 미지물질도 확인

화재사건으로 사망한 사람을 부검하려면 먼저 화재사여부를 규명하기 위해 일산화탄소 농도를 측정해야 한다. 또 어떤 약독물이 존재하는지를 검사하기 위한 약독물 검사도 실시한다.

독성학의 아버지로 불리는 파라셀수스(Paracelsus, 1493~1541)는 “모든 물질은 유독하며, 유해하지 않은 물질은 없다. 독과 약을 구분하는 것은 그 양에 있다” 라고 정의하였는데, 이는 하나의 물질이라 하더라도 생체에 투여하는 양과 형태에 따라서 독이 되거나 약이 될 수 있으므로 독과 약은 근본적으로 볼 때 다르지 않다는 뜻이다. 법과학분야에서 독물의 의미는 넓은 의미로 의약품을 포함하여 법화학에서 문제가 되고 있는 모든 화학물질을 총칭한다. 감정에 제공되는 증거물은 대부분 그 양이 충분하지 못하고, 단일 성분인 경우가 드물며, 다시 청구할 수 없다는 특징이 있다. 따라서 한정된 양의 증거물을 대상으로 미지 물질을 정확하게 규명하기 위해서는 시료의 종류에 따라 적절한 시험방법의 적용이 필수불가결하다.



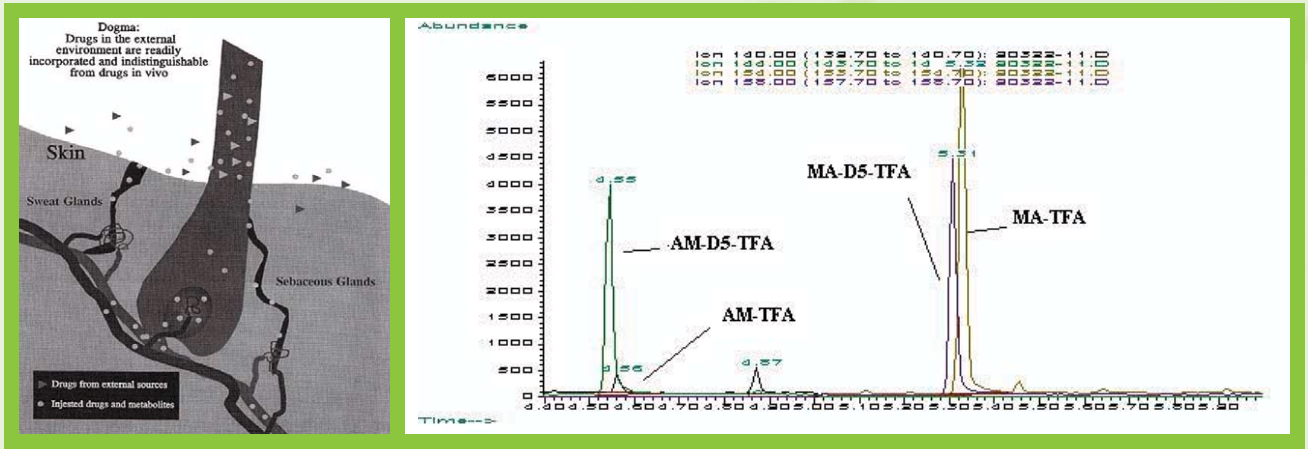
변사자가 마신 메소밀 액체 및 메소밀의 매스 스펙트럼



벽지 속의 콘센트



방안의 화재로 전소된 거실



모발 중 약물의 흡착 및 메스암페타민과 암페타민의 이온크로마토그램

약독물 시험법은 액성을 달리해 유기용매로 추출한 후 미지물질을 스크리닝한다. 추출액은 박층크로마토그래피법(TLC), 가스 크로마토그래프(GC), 가스 크로마토그래피/질량분석기(GC/MS), 고속액체크로마토그래프(HPLC), 후리에 변환 적외선 분광기(FT-IR), 분광광도계 등을 이용하여 물질의 확인과정을 거친다. 생체조직에서는 액-액추출법(LLE), 고상추출법(SPE) 또는 고상마이크로추출법(SPME) 등의 방법을 이용하여 혈액 등을 추출, 정제, 농축 과정을 거쳐 함량시험을 한다.

예를 들어 중년 남성이 여관에서 사망하였고, 사건 현장에서는 빈 약병만 발견되었을 경우, 우선 가장 많이 사용되는 약독물인 시안산염(청산염) 검출에 대한 시험을 한다. 시안산염 검출 시험은 피크린산법, 설페인반응 또는 미량확산법을 이용한다. 시안산염이 검출되지 않을 경우에는 농약시험을 하게 된다. 빈 약병을 유기용매로 추출하여, TLC를 실시하며, 미지물질의 존재를 확인한다. 미지물질은 TLC 스캐너를 이용해 자체 제작한 라이브러리로 검색한다. 이 사건의 미지물질은 메소밀(methomyl, 고독성 농약)과 유사한 것으로 나타나 메소밀 표준품과 비교 시험하여 동일한 물질임을 규명하였다. 위속의 내용물에서도 빈 약병과 동일한 과정으로 시험하여 메소밀을 검출하였다. 혈액에서는 LLE 또는 SPE법을 적용하여 추출, 정제한 후 GC/NPD를 이용하여 메소밀 함량을 측정하였다.

약독물 감정은 약독물의 종류 및 형태가 다양하며, 의뢰되는 증거물의 양도 사건마다 다르고, 감정물의 상태도 차이가 많아,

감정물의 전처리 방법, 시험법 및 시험에 사용되는 기기도 매우 다양하다. 시험결과와 해석을 위한 생체내에서 약독물의 동태에 관한 학문은 법과학 분야에서 매우 중요한 분야의 하나다. 최근 요실금 수술, 임신중절 수술, 위 내시경을 받다가 숨진 환자를 부검 후 채취한 생체시료에서 앞에서 예기한 분석법을 이용해 ‘프로포폴’이라는 마취제를 주사 맞고 숨졌다는 사실을 밝혀내기도 했다.

### 지문흔 속의 물질도 확인 가능

폭발·화재의 원인 규명은 사건 현장의 각종 파쇄편들을 수집하여 폭발물 잔해시험을 하고, 화재가 발생한 경우에는 주위의 인화물질, 가연물질에 대하여 확인한다. 폭발은 불안정한 평행 상태에 있는 물질에 열이나 충격 등의 외력이 가하여지면 화학변화가 일어나게 되어 다량의 열과 기체가 발생하는데 이때 국부적으로 급격하게 압력이 높아져 폭발을 하게 된다. 폭발물로는 산소, 수소, 질산암모늄, 기타 가연가스 외에 TNT 등이 있는데 이들이 폭발을 하면 폭풍을 일으키며, 그 성분은 분해되어 극미량의 분해산물만이 폭발잔해에 부착되어 있게 된다.

따라서 폭발사건은 사건 현장의 증거물을 채취하여, 확인하는 것이 원인 규명에 가장 중요한 요인이 된다. 즉 폭발사건의 원인 규명을 위해 폭발물 잔해에 남아 있는 분해산물을 확인해야 하는데 이들이 극미량이기 때문에 폭발원인의 규명에 어려움이 있다. 그러나 최근에는 전자포획형검출기(ECD)나 질소-인 검출기

(NPD)의 가스크로마토그래프법의 발달로 폭발현장의 파편표면에서 수백나노그램( $ng, 10^{-9}g$ )까지 성분 검출이 가능해져 원인을 규명할 수 있게 되었다. 폭발현장에서 채취되는 분해산물의 양이 얼마나 미량인가 하는 것은 폭약 종류에 따라 다르다. 현대과학은 니트로화합물 폭약을 손으로 만졌던 지문 하나에서 수백 $ng$ 의 미량까지 검출해낸다.

화재 중 가장 큰 사회문제가 되는 것은 방화이다. 방화에 이용되는 인화물질은 화재 후 모두 타거나 날아갔을 것으로 예견되지만 현장의 모래흙이나, 구조물 틈새, 물걸레, 의류나 책 등에 스며들어 있기 때문에 증거물을 잘 채취하면 충분히 방화의 증거가 가능하다. 이러한 인화물질 중 일부는 현장에서 간단한 기기에 의하여 판정이 가능할 수도 있지만 대부분의 경우 실험실에서 감도가 높은 분석기에 의해 미량의 인화물질을 검출함으로써 방화여부를 증명해야 한다. 인화물질의 존재 여부와 종류를 밝히는 것은 방화의 실체와 과정에 관한 진실을 증명하는 것이므로 범인의 검거나 판결에 매우 유용한 증거가 된다.

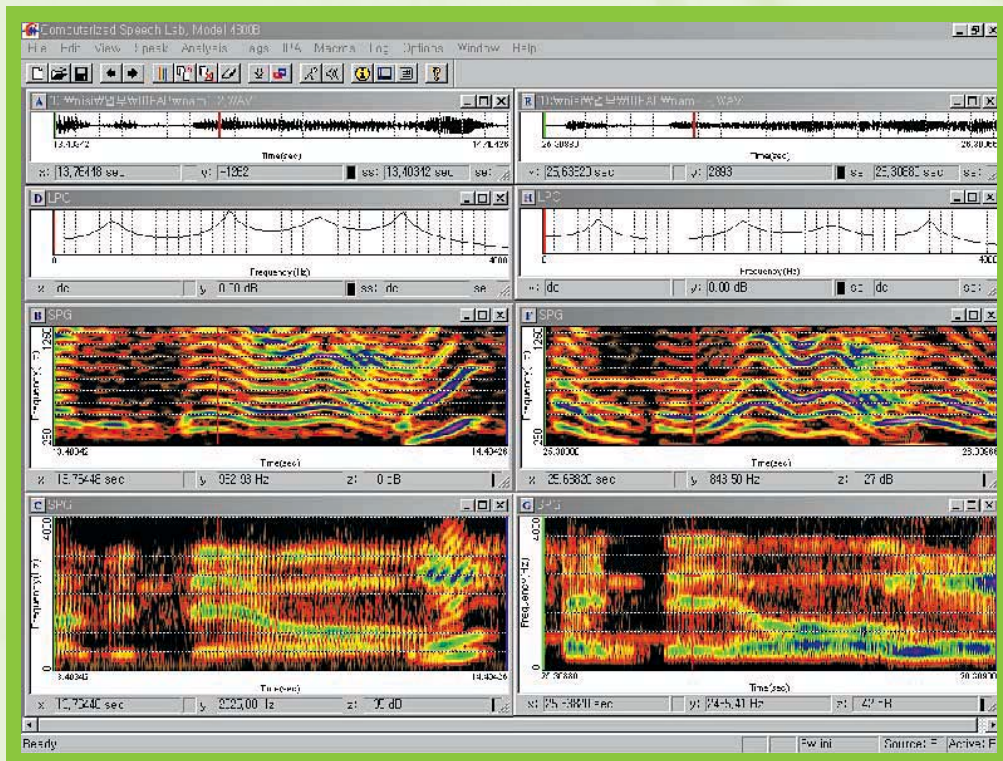
법과학은 전기를 사용하지 않는 상태에서도 배선기구에서 불이 날 수 있다는 사실도 밝혀낸다. 방안의 사용하지 않는 콘센트에서

트래킹에 의한 발화로 집 전체가 소훼된 사건도 있다. 사용하지 않는 콘센트였기 때문에 옷장 뒤에 가려져 있었는데도 통풍이 안 돼서 다습한 상태였으며, 벽지와 창문 커튼은 방염처리가 되지 않아 불타기 쉬운 상태였다는 사실을 입증해 냈다.

### 마약시범은 모발 분석으로 100% 확인

마약의 복용여부를 확인하기 위하여 사용되는 생체시료로는 소변, 혈액, 모발 등이다. 이중 소변은 법적으로 규제되는 모든 마약류의 검사에 주로 쓰이고 있다. 그러나 소변은 일정 시간이 경과하면 마약이 검출되지 않기 때문에 마약을 복용한 후 시간이 경과한 경우에는 시료로 모발이 각광을 받고 있다.

모발은 과거 법과학분야에서 개인 식별과 중금속중독여부 판별 등에 이용되었으나 1980년대 들어서는 남용되는 약물의 검출시료로 중요성이 대두되고 있다. 많은 나라에서 소변 약물시험이 음성인 사람의 경우, 모발을 법적 증거물로 채택한다. 그러나 모발 중에는 약물이 극미량 함유되어 있으므로 약물을 검출하기 위한 고도의 과학기술이 요구된다. 또한, 약물이 모발에 침착되는 정도가 모발의 색에 따라 커다란 차이가 있어서 미국의



전철 폭파 협박범의 성분

경우, 인종에 따른 약물의 검출여부에 커다란 차이가 있다고 보고되고 있다. 또한 대마나 코카인과 같이 흡연에 의해 남용되는 약물은 간접흡연이나 땀을 통해 약물이 모발에 흡수될 수 있으므로 모발에서 양성반응이 나타날 수 있다는 점도 논란의 대상이 되고 있다. 그러나 우리 나라는 1993년 국립과학수사연구소에서 한국인의 모발에서 메스암페타민 남용자의 증명법을 개발하여 연간 감정건수가 4천500건에 이르고 있어 마약수사에 크게 기여하고 있다.

모발 중 메스암페타민 검출방법은 모발을 세척, 인큐베이션, 추출, 정제, 유도체화 과정을 거친 후 가스크로마토그래피 및 질량분석법에 의해 메스암페타민 및 그 대사체인 암페타민의 분자량을 측정함으로써 남용여부를 판정하고 있다(표1). 약물분석을 위한 모발시료는 일반적으로 뒤통수부분에서 채취하는 것을 권하며, 길이에 따라 다르겠으나 감정을 위해서는 20~30수의 모발이 필요하다. 실제 모발 중에서 검출되는 메스암페타민 및 암페타민의 양은 나노그램 정도로 극미량이 함유되어 있으므로 약물검사에 발생할 수 있는 오차를 막기 위하여 실험 전과정에 걸쳐 일정량의 공실함시료, 대조시료가 항상 동일하게 실시된다. 모발감정에서 약물복용여부를 판정하는 기준은 메스암페타민의 양이 모발에서 0.5ng/mg 이상 검출되어야 하고, 대사체인 암페타민이 동시에 검출되었을 때 양성으로 판정한다.

모발 감정의 커다란 장점의 하나는 투약시기를 추정할 수 있다는 것이다. 모발은 개인의 연령, 성별, 인종, 영양상태 및 개체에 따라 차이가 있으나, 대략 한 달에 약 0.9~1.3cm 성장한다. 따라서 모발을 모근에서부터 일정간격으로 분할하여 부위별로 분석한다면 구체적으로 약물의 복용시기를 추정할 수 있다. 예를들면 모근으로부터 약 5cm의 모발 부위에서 메스암페타민 및 암페타민이 검출되었다면, 약 5개월 정도 전에 메스암페타민을 복용하였을 것으로 추정할 수 있다.

### 사건현장의 '소리' 분석, 범인검거

성문에 의한 식별은 유괴사건, 지하철 폭파 협박사건, 독극물 투입 협박 사건 등과 같은 각종 협박사건 및 전화 폭력 사건에서 범인 음성을 식별하고, 사건 현장에서 발생된 사람 음성 이외의 소리를 분석하여 수사에 단서를 제공하는 분야다.

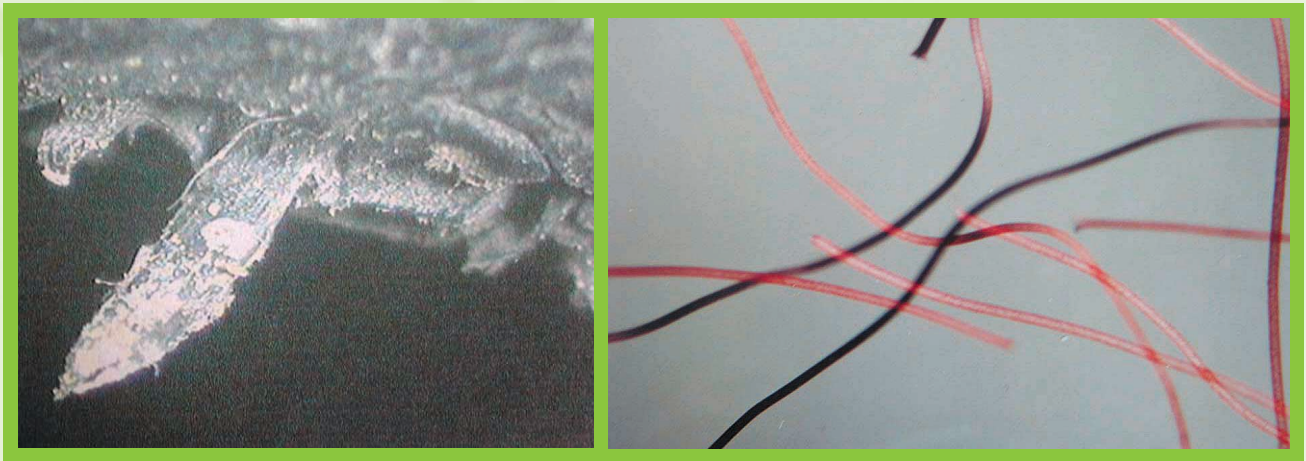
사람의 음성은 개인마다 해부학적 성상과 발음 습관에 따라 다르므로 목소리만 듣고도 누구인지를 알 수 있다. 그러나 음성만 듣고 개인을 식별해내는 능력에는 한계가 있어 최근에는 음성을 녹음한 후 이를 음성분석기로 분석하여 식별하고 있다. 용의자가 있는 경우에는 용의자의 음성을 분석하여 증거물과 비교확인하고 있으며, 용의자가 없는 경우에는 TV나 라디오 등의 매체를 통하여 많은 사람들에게 듣게 하여 청취자 중 자기가 알고 있는 사람의 목소리를 판단하게 한다. 한 예로 1988년 원혜준양 유괴 사건 때 제보된 50여 명의 음성 중에 범인 음성이 있었고, 박초롱초롱빛나리양 유괴 사건 때는 범인을 아는 사람에 의해 그 목소리가 인식되어 검거되기도 하였다.

목소리는 눈으로도 확인할 수 있도록 여러 가지 그래프 형태로 분석한다. 분석된 자료로부터 그 사람의 성도의 길이, 성대 진동의 특징들을 확인하고, 억양, 발음지속시간 등과 같은 음성학적 특징들을 비교하여 범인음성을 식별하게 된다.

사건현장에서 발생된 사람 음성 이외의 소리를 분석하여 수사의 단서가 되는 경우가 많다. 한 예로 미국에서 살인 현장 소리가 911 녹음 시스템에 녹음이 되었는데, 이 녹음된 소리 중에 파이프가 바닥에 떨어지는 소리를 분석하여 용의자 집에서 발견된 파이프가 결정적인 증거로 채택된 적이 있었다.

### 섬유와 페인트 등의 미량성분 감정

과학수사에 관한 지식이 일반화되고 향상되면서 범죄현장에서 물적 증거를 확보하는 일이 날로 어려워지고 있다. 범인들은 증거가 될 만한 것들을 남기지 않으려고 범행후 지문을 지우거나, 증거를 없애려고 장갑을 끼고 범행을 하거나 지문이나 혈흔이 묻은 의류를 세탁하거나 불에 태워버리기도 한다. 그러나 지문이나 혈흔에 비해 범인이 알지 못하는 미세한 형태의 증거물이 범죄현장에 남아 있을 수 있는데 이러한 미세한 증거물은 증명력 있는 증거로 확보되어 사건해결에 귀중한 단서가 된다. 한 예로 시체의 목부위에서 남아있는 섬유조각이 교살에 사용된 끈의 섬유와 동일하다던가, 교통사고 때 범퍼에 묻은 섬유가 피해자의 의복과 같은 섬유로 확인된다던가, 피해자가 앉았던 좌석에서 발견한 섬유가 피해자 바지의 섬유와 동일하다는 것을 증명하여 사건을 해결한 경우가 적지 않다. 이들 섬유 올은 전자현미경으로 확대하




스포츠카에 부착된 섬유 및 섬유의 현미경사진

여 형태를 비교하고, 적외선스펙트럼측정에 의하여 성분을 비교 검사하여 확인하고 있다.

교통사고의 경우에 접촉부위의 페인트와 용의 차량의 페인트를 확대하여 형태를 비교하고, 적외선스펙트럼측정으로 성분을 비교함으로써 차종을 확인하고 있다. 한 예로 폭행살인사건으로 신고되었으나 과학수사 결과 뺑소니 사망사고로 판명되어 범인을 검거한 사례가 있다. 2002년 1월 새벽, 인천의 한 나이트 클럽에서 술을 마시다가 종업원들과 시비 끝에 클럽을 나와 노상에 쓰러진 사람을 119 구급대가 병원에 후송하였으나 사망하였다. 처음에는 구타에 의한 살인사고로 신고되어 수사가 시작되었다. 그러나, 사체 부검과 변사자 의류 감정결과, 뺑소니 사망사고로 판단되었다. 즉 만취상태의 변사자가 노상에 누워있을 때 차량 하부구조물이 가슴 및 목부분에 역과 및 충격되었던 것으로 밝혀진 것이다. 충격 차종은 스포츠카이며, 의류에 묻은 페인트 색상으로 보아 적색의 차량임을 확인하고 적색 스포츠카를 추적, 검거하였다. 용의차량 좌측 앞문 사이드실 부분에 섬유올이 열변형되어 박편형태로 다량 압착되어 있었고, 선형 충격흔이 나타난 변사자 폴라셔즈 목부분에는 용의차량과 유사한 색상 및 성분의 페인트가 부착되어 있음을 밝혀 내었다. 용의차량에서 채취한 열변형된 박편형태의 섬유올은 변사자 폴라셔즈 구성섬유올과 색상, 적외선흡수스펙트럼 및 열분해가스크로마토그램의 양상이 동일한 아크릴계 섬유로 규명되어 뺑소니 사망사건임을 증명할 수 있었다.

#### 첨단 범죄 따라갈 과학장비 확보해야

법과학을 범죄수사에 적용하여 사건을 해결한 대표적인 사례를 들면 2001년 타살혐의가 있으나 백골화사체가 되어 신원확인 이 어려운 변사자의 생전 치과 치료 진료기록과 백골화된 치아를 비교하여 변사자를 확인한 바 있다. 또, 충주호 여자 토막 살인사건 때 가족의 유전자 감정을 기초로 변사자의 신원을 확인한 후 아내를 살해한 남편을 검거하였다. 신중 마약이라고 알려진 중추 신경억제제(GHB, Gamma Hydroxybutyrate)의 분석법을 확립해 이 약물을 마약류로 규제하여 남용의 가능성을 예방하였다. 또한 강도강간 범인의 영상분석을 통해 신용카드를 강취한 사건을 해결하였고, 뺑소니 사고로 위장한 보험살인사건에서 시체유 기사실을 확인하여 남편을 살해한 부인을 검거하는 성과를 거두는 등 법과학의 결과가 수사에 결정적인 역할을 한 사례가 수없이 많다. 우리 법과학의 수준은 세계적인 수준까지 근접했다는 평가를 받고 있다. 유엔 마약통제 본부에서 국립과학수사연구소를 세계 기준 실험실의 하나로 지정하였고, 세계시험소 인정기구로부터 법과학 분야에 대한 인증을 받았다는 사실이 이를 입증한다. 미래의 법과학은 첨단화하는 범죄를 추적하기 위해 영상분석 등 최첨단의 정보와 새로운 감정기법의 개발이 요구되기 때문에 각종의 감정장비, 시설에 대한 획기적인 투자가 필요하다. 



글쓴이는 숙명여자대학교 약학대학 졸업, 동대학원에서 석사, 박사학위를 받았다. 런던대학 킹스칼리지에서 Post Doc을 지낸 후 국립과학수사연구소 약독물과장, 미약분석과장을 역임했다.