

폭발사고시 효과적인 과학수사 방법에 관한 연구

전상근*, 채종민

국군기무사령부*, 경북대학교 의과대학 법의학교실

Research on Effective Scientific Investigation Methods with Regards to Explosion Accidents

Sang Gun Jun*, Jong Min Chae

*Defense Security Command**,

Department of Forensic Medicine, Kyungpook National University School of Medicine

Abstract – Accidents and terrorist acts that utilize explosives have a great influence on society and thus require a prompt investigation for the arrest of the culprit. However, such investigations are often met with difficulties due to the vastness of the crime scene, restrictions on approaching the scene, fragility of the evidence, complexity of investigation, and the lack of expertise. In spite of such facts, scientific investigation regarding explosives have not been widely studied in Korea. Therefore, the focus of this research primarily concerns the effective scientific investigation methods in cases of accidents that involve chemical explosives.

Although the a systematic investigation method is at the heart of scientific investigation in cases of explosive accidents, it is only at its rudimentary stage. Therefore, in this research, a systematic investigation method is put forth for the 'scene investigation, the documentation of the scene, and the collection and processing of evidence. Further, I have set forth a 'scene investigation check list' the ensure a thorough scene investigation and to promote an exhaustive evidence collection that would guarantee the admissibility of such evidence in court. The above efforts were aimed at simplifying the currently complicated investigation system.

In the future, a guidebook that can be generally applied to accidents involving explosives in Korea ught to be produced, a continual systematic education and integrated training excises for investigators ought to be established, laws that require additives in explosives ought to be instituted so that the type, components, and source of explosives can be identified, and lastly, a database that contain information on former explosion accidents, trends, and techniques of criminal activities that involve explosion accidents should be compiled.

Keyword : explosion, scientific investigation, forensic science, explosives

corresponding author : Jong Min Chae, M.D., Ph.D.

tel : 053-420-4885, fax : 053-422-4712

jmchae@knu.ac.kr

I. 서 론

폭발(Explosion)이란 정지상태에 있던 물질계가 급속한 화학적 반응 및 물리적 작용에 의해 갑자기 체적이 불어나 팽창하면서 과열하는 현상을 말하며, 폭발물(Explosives)이란 화학적 변화로 폭발을 일으키는 물질계를 총칭한다. 폭발물은 다이내마이트, TNT와 같이 화학반응에 의한 물질 에너지의 팽창으로 폭발되어 폭풍, 고열, 일산화탄소를 생성하는 화학적 폭발물이 가장 널리 사용되고 있는 가운데 우리는 오래 전부터 테러 및 안전사고 등 화학적 폭발사고의 위협에 노출되어 생활하고 있다. 실제 군용 및 사제 폭발물에 의한 폭발사건을 비롯하여 북한에 의한 테러, 산업현장에서의 안전사고 등 다양한 형태로 폭발사고가 발생하고 있고 이런 폭발사고는 대부분 인명에 치명적인 피해를 가져올 뿐만 아니라 재산상 큰 손실을 초래하고 사회에 커다란 영향을 미치고 있다.

최초의 화학적 폭발물은 1,000년 전 중국에서 발명된 흑색화약으로 군사용으로 사용되다 17세기부터 산업용으로 사용되기 시작했고 이어 니트로글리세린과 다이내마이트가 주요 폭발물로 등장했으며, 노벨이 젤라틴 다이내마이트를 고안하여 다이내마이트의 안정성을 높이고 뇌관을 발명하면서부터 폭발물의 역사에 중요한 발전을 가져오게 되었다. TNT는 1905년 러·일전쟁 때 처음으로 사용된 이후 20세기 군사용 폭발물로 가장 널리 사용되었으며 최근에는 다양한 화학적 폭발물들이 제조되어 군사용·산업용·테러 등 여러 분야에 활용되고 있다. 미국방성 자료¹⁾에 의하면 폭발물을 이용한 테러가 '98년 816건, '99년 818건, '00년 600건, '01년 1033건, '02년 1325건, '03년 1028건, '04년 1599건으로 지속적 증가하고 있다. 우리나라에서도 KAL기 폭발사건 및 김포공항 폭발사건과 같은 대형사고를 비롯하여 최근 CJ(제일제당)에 배달된 우편물 폭탄테러 사건 및 고속철 부산역 폭발물 소동사건 등과 같이 이념, 원한, 금전, 불만 등의 이유로 화학적 폭발물을 이용한 범죄가 증가하고 있다. 더불어 정보통신의 발달은 폭발물의 불법 제조, 은밀한 거래 및 성능향상으로 폭발사고의 증가에 기여하고 있는 가운데 대부분의 폭발사고가 의도적으로 일어남에 따라 사고현장이 광범위하고 2차 피해 위험으로 초동조치가 제한된다. 사상자가 대량으로 발생할 가능성이 높고, 초기 오염통제가 어려워 현장 증거물 수집이 힘들다. 또한, 전문가의 소행일 가능성이 많아 증거 인멸이 용이하

고, 여러 기관의 조사관이 참여한 가운데 합동조사가 이뤄져야 하는 특성 때문에 수사에 어려움을 더해 주고 있다. 국가 및 사회적으로는 국제적 신뢰저하와 살상 및 파괴효과로 인한 심리적 충격과 불안감으로 생활습관과 경제까지 악영향을 미치고 있다. 따라서 폭발사고 시 국민들의 불안감 해소와 사회안정을 위해서는 신속한 조사·분석·처리 및 용의자 검거가 요구되는 가운데 일부 연구기관 및 대학의 연구로 폭발사고시 현장에서 수집한 폭약성분을 통해 폭발물의 종류와 제조처, 국적을 알아낼 수 있고²⁾ 폭발흔을 통한 폭약량과 피해 정도를 분석할 수 있다.³⁾ 또한 폭발사고 시 사망자의 법의 부검을 통한 자·타살의 유무, 폭발의 위치, 폭발장소와 폭발 당시의 자세 및 힘의 작용 방향 등을 추정할 수 있는 자료들을 발표⁴⁾하는 등 과학수사 발전을 위한 관심이 높아지고 있다. 그럼에도 불구하고 제조된 폭약류의 화학적 폭발사고와 관련하여 연구자료가 부족하고 과학수사를 위한 지침서가 없으며 각 기관별 정보공유의 부재로 실제 폭발사고 현장조사시 폭발로 야기된 현장에 위함되고, 전문성 부족으로 정밀한 현장감식, 정확한 증거물 채취 등이 제한되는 등 효과적인 과학수사에 걸림돌이 되고 있다.

본 연구에서는 폭발의 세 가지 유형, 즉 물리적으로 일정 공간 내의 압력이 급격히 변화되어 폭발되는 기계적 폭발과 화학반응에 의한 물질에너지의 팽창으로 폭발이 일어나 폭풍, 고열, 일산화탄소가 생성되는 화학적 폭발, 원자핵의 붕괴나 결합에 의해 일어나는 핵폭발 중 화학적 폭발을 중심으로 폭발물의 종류, 폭발물의 유형, 폭발효과 등 폭발사고에 대한 일반적 이해와 폭발사고의 현황에 대한 분석 및 현재의 조사체계를 진단하고 과학수사의 효과적인 방법을 제시하기 위해 시도되었다. 주로 문헌연구방법에 의하여 진행되었으나 아직까지 국내에서 폭발물에 대한 과학수사 연구가 깊이 있게 다루이지 않은 관계로 그동안 발간된 국내외 학자들의 관련 저서와 관련 논문, 관련 학회에서 발표된 내용과 폭발사고의 현황과 분석 및 처리 절차를 고찰하고 다른 나라의 과학수사 체계를 참고하였으며 본 연구의 목적이 국내에서 폭발사고 발생시 효과적인 과학수사를 진행하고자 함에 있는 만큼 현행 폭발사고시 과학수사의 문제점을 분석 후, 제도적 개선과 체계적인 과학수사 방법을 제시하기 위해 폭발사고시 일반범죄(형법 제 119조 1항 : 폭발물을 사용하여 사람의 생명이나 신체 또는 재산을 해하거나 기타 공안을 문란한 자는 사형

또는 7년 이상 징역에 처한다. 형법 제 187조 : 사람이 현존하는 기차, 전차, 자동차, 선박 또는 항공기를 전복, 추락, 침몰 또는 파괴한 자는 3년 이상의 징역에 처한다.)와 무장공비·간첩에 의한 테러(국가보안법 제 4조 3항 : 반국가 단체의 구성원 또는 그 지령을 받은 자가 그 목적 수행을 위해 제 119조 1항의 행위를 한 때에는 사형·무기 또는 10년 이상의 징역에 처한다)를 구분하지 않고 고찰하였다.

II. 폭발사고에 대한 일반적 이해

1. 폭발물의 정의

폭발(Explosion)이란 정지상태에 있던 물질계가 급속한 화학적 반응 및 물리적 작용에 의해 갑자기 체적이 불어나 팽창하면서 파열하는 현상을 말하며, 폭발물(Explosives)이란 화학적 변화로 폭발을 일으키는 물질계를 총칭하는 용어로 일반적으로 화학적 폭발물인 화약류를 말한다.⁵⁾

2. 폭발물의 종류

화약은 크게 조성, 용도, 성능, 범규상으로 분류할 수 있다(그림 1). 조성에 의한 분류는 혼합 화약류와 화합 화약류로 나누며, 혼합 화약류는 질산염 혼합 화약류(흑색화약, 함수폭약 등)와 과염소산염 폭약(CARLIT 등), 염소산염 폭

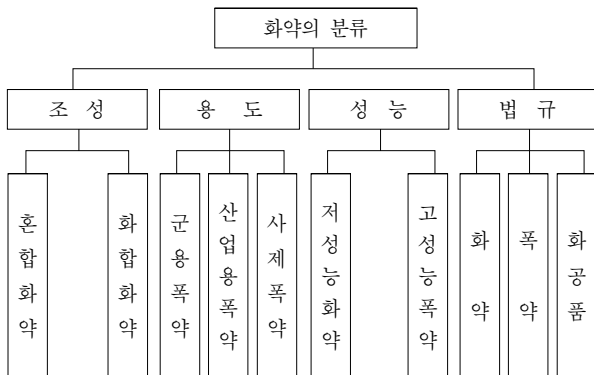


그림 1. 화약의 분류. 화약은 넓은 의미로 화약과 폭약을 총칭하나, 여기서는 폭속이 느린 화약으로, 폭약은 비교적 폭속이 빠른 폭발성 물질의 화약으로 구분하였다.

약(백색화약 등) 및 액체 산소 폭약(LOX)으로 구분하고, 화합 화약류는 질산에스테르류(니트로글리세린, 니트로그릴콜)와 니트로 화합물(피크리산, TNT, RDX 등)로 구분한다. 용도에 의한 분류는 군용폭약과 산업용 폭약, 사제폭약으로 구분한다. 군용폭약은 감도가 예민하나 위력은 약한 기폭약(질화납, 뇌홍)과 감도와 위력이 중간인 전폭약(PETN, RDX, 테트리톨), 감도는 둔하나 위력이 강한 작약(피크리산, 테트리톨, TNT, 콤포지션계)으로 구분한다. 산업용 폭약은 초안이 주재료인 초안폭약과 다공성 초안에 연료유를 흡착하여 기폭성을 갖도록 만든 후 노천발파 및 채석장에 사용하는 초유폭약, 초유폭약의 내수성을 강화하여 주로 탄광에서 사용하는 함수폭약 및 다이내마이트의 과발파(過發破)를 억제할 목적으로 제조하여 지하철공사, 터널 발파에 사용하는 정밀폭약, 주로 군의 특수작전 임무수행 또는 요인 암살 및 테러 목적으로 사용하는 사제폭약으로 구분한다. 성능(폭발속도)에 따라서는 저성능 화약과 고성능 폭약으로 분류한다. 저성능 화약에는 폭발속도가 1,000m/s 이하인 무연화약, 흑색화약이 있고, 고성능 폭약에는 폭발 속도가 1,000m/s 이상인 TNT, 테트리톨, 콤포지션 등이 있다. 범령은 화약과 폭약, 화공품으로 분류하고 있다.

3. 폭발 유형

가. 기계적 폭발(Mechanical explosion)

증기 보일러나 가마솥의 압력증가로 인한 폭발이 그 예로, 보일러 내부에 열이 가해지게 되면 증기가 발생하게 되는데 만약 보일러에 안전밸브가 장치되어 있지 않다면 용기는 증가하는 증기압력에 견딜수 없게 되어 폭발하게 된다.

나. 화학적 폭발(Chemical explosion)

고체나 액체 상태의 폭발물이 더 큰 부피를 가진 가스로 갑자기 변화함으로써 일어나게 되는 현상으로 높은 열이 발생하여 폭음이 뒤따른다. 핵 폭발물을 제외한 폭발물은 화학적 폭발의 범주에 속하며 본 연구는 이 화학적 폭발을 중심으로 고찰하였다(표 1).

표 1. 기계적 폭발과 화학적 폭발의 특성.

구분	기계적 폭발	화학적 폭발	
		가스 폭발	폭약/화약 폭발
특성	<ul style="list-style-type: none"> 폭심이 물체에 국한 고열과 폭발 흡열반응 급속한 가스 및 증기 방출 열 변형 없음 파편효과 적음 	<ul style="list-style-type: none"> 폭심 없음 화염 존재 고열 및 폭발 파편효과 큼 고온 발생으로 열 변형 및 화재 발생 가능 공간 밀폐시 <ul style="list-style-type: none"> 산소결핍 및 일산화탄소에 의한 장애 발생 	<ul style="list-style-type: none"> 폭심 있음 폭발중심에 폭발구 형성 주변에 잔사물 존재

다. 핵폭발(Nuclear explosion or atomic explosion)

핵폭발은 원자핵의 분열이나 결합에 의해 일어나며 핵분열이나 융합시 막대한 양의 에너지와 열, 가스, 충격 등이 발생한다.

4. 폭발효과

폭약이 터질 때 덩어리 또는 막대 모양의 화학적 폭발물은 순간적으로 고체상태에서 팽창속도가 빠른 다량의 가스로 변화한다. 폭약은 폭발 시 폭발지역 일대에 3가지 주요 효과, 즉 폭풍효과·파편효과·열효과(소이효과)와 몇 가지 부수적인 효과를 동반한다.

가. 폭풍효과

폭약이 작열되는 경우 순간적으로 팽창력이 큰 고온가스가 방출된다. 이 가스는 주변의 대기 1 inch당 약 700톤의 압력을 가할 수 있으며 폭발지점으로부터 주변 공기를 압축시키면서 최고 20km/h 속도로 동심원을 그리며 퍼져나가는 동안 그 안에 있는 물체에 2가지 다른 압력, 즉 양의 압력 위상과 음의 압력 위상(흡입 위상)으로 두 차례의 충격을 주게 된다. 폭발하는 순간 형성된 양의 압력파는 주위의 공기를 압축시키며 밖으로 진행하는 동안 그 안에 있는 물체에 타격에 주고 파열효과를 일으킨다. 예를 들어 벽돌담에 부딪치게 되면 충격은 벽돌담을 부수고 양의 압력파는 강한 힘으로 담의 일부 또는 전부를 압력파의 진행 방향으로 쓰러뜨린다. 한편, 양의 압력파로 인하여 생긴 폭발지점 주위의 진공상태를 메우기 위해 음의 압력파가

형성되어 폭발지점 방향으로 진행하면서 그 안에 있는 물체에 충격을 준다. 즉 양의 압력파로 부서진 벽돌담은 더욱 심하게 부서지게 되거나 폭발지점 방향으로 무너진다. 음의 압력 위상은 양의 압력 위상보다 위력이 약하나 3배 이상 지속된다. 이 2가지 압력이 인체 및 건물에 미치는 충격은 다음과 같다(표 2).

나. 파편효과

밀폐된 용기 안에 들어 있는 폭약이 폭발하게 되면 갑자기 팽창된 가스는 용기를 파열시켜 파편을 만들며, 폭탄 내부에 들어있는 유산탄(못, 둥근 볼베어링 등)도 파편과 동일한 효과를 갖는다. 파편과 유산탄은 폭발 부근에 있는 물체를 절단하거나 분할 및 관통함으로써 피해를 입히고 가끔 파편의 열은 자동차의 연료 탱크를 관통하여 가솔린을 점화시키거나, 폭발에 떨어져 화재를 일으키기도 하는 등 2차 피해를 유발시키기도 한다.

다. 열효과(燒夷효과)

열효과는 폭약의 종류에 따라 차이가 난다. 일반적으로 저성능 화약은 고성능 폭약에 비해 더 높은 열을 내나 지속시간은 수 분의 1초에 불과하며 보통 폭발하는 순간 섬광이나 불뚝으로 볼 수 있다. 폭발의 주요 세 가지 피해 가운데 가장 경미하다.

표 2. 음압이 신체 및 건물에 미치는 수준⁶⁾.

Air blast	Air pressure and effect	Air blast	About damage
180dB	Building damage	1.5kg/cm ²	Small house is broken perfectly
170dB	Glass window destruction		
150dB	Eardrum damage. Jet plane A few glass window broke	0.6-0.7	Rafter and pillar are broken
140dB	Sound that cannon is shot Glass window no damage	0.4-0.5	Tile of roof broke
120dB	Rock drill(no Silencer) Pain, unpleasant feeling	0.25-0.3	Window frame and door are broken
110dB	Whistle	0.15-0.2	Window frame and outer door were broken some
100dB	Long hours and got into hardness of hearing		
90dB	Conversation is difficult	0.08-0.1	Glass window destruction safety
80dB	Passing of a car(10car)		
65dB	Usually conversation	0.06	A few glass broke

라. 2차 폭풍 효과

(1) 폭풍파의 반사, 집중 및 차단

폭풍파도 음파, 광파와 마찬가지로 반사성 표면에 닿으면 반사되며 파동의 분산 또는 집중으로 동일한 폭발물이 폭발한 경우라도 폭풍파가 영향을 미치는 거리는 야외에서와 대구경의 하수도관 사이에 큰 차이가 난다. 건물 내에서 반사나 차단에 의해 구조물의 한쪽 벽 전체가 날아가 버리더라도 반대쪽 벽의 거울은 금이 가지 않은 채 남아 있는 경우와 같은 특수한 상황이 나타날 수 있다.

(2) 지하 및 수중에 미치는 충격

폭발물이 지하 또는 수중에서 폭발하게 되면 지상에서와 마찬가지로 급격한 가스, 팽창열, 충격과 폭음을 수반한다. 흙은 공기보다 압축하기 어렵고 물은 압축할 수 없기 때문에 폭발은 덜 격렬해 보이지만 충격파는 지진에 비교될 만큼 강하게 지하나 수중으로 전달되고, 만약 건물의 기초에 닿을 경우 전체에 충격을 주게 되어 벽이 갈라지고 선반의 물건이 떨어지며 유리창이 박살난다. 수중에서 폭발물이 터지게 되는 경우 물은 흠에서처럼 압축되지 않고 에너지를 흡수함에 따라 더 멀리까지 빠르게 전달되어 광범위한 지역에 피해를 줄 수 있다.

(3) 구조물에 대한 화재

건물 내부에서 폭발이 일어나면 가끔 화재가 발생한다. 일반적으로 건물의 화재는 폭발물의 폭발에 의한 것이 아니라 전선의 파열이나 단선, 천연가스관이나 연료 송유관의 폭발 등에 원인이 있다. 파편은 대소를 막론하고 화재를 일으키는 역할을 한다.

마. 노이만효과(Neumann effect)

노이만 효과는 관통효과, 먼로효과라고도 하며 열, 압력 등을 한 지점에 집중시켜 물체를 관통하게 하는 효과로서 군용의 대전차 또는 파괴용으로 사용된다.

5. 폭발사고 시 손상의 형성기전 및 형태⁷⁾

폭발손상은 폭발효과에 의한 압력, 파편, 열에 의한 손상과 주위 물체의 파괴와 비산 또는 건물의 붕괴 등에 의한 2차 손상이 야기될 수 있다. 손상의 형태는 폭발 지점과 피해자와의 거리, 폭발 높이에 따라 각각 다른 소견을 보여 동일한 사고로 사망하더라도 직접사인에는 차이가

생길 수 있다.⁸⁾ 따라서 사상자의 좌상, 표피박탈 및 좌열창의 분포나 양상을 잘 관찰하고 인체 손상 부위를 비교하면 폭발 당시의 자세와 폭발장소의 방향을 알 수 있는 등 폭발상황을 추정하는 중요한 자료가 된다.⁹⁾

가. 파괴 분열

폭발물의 폭발장소에 사람이 있는 경우 폭발가스의 압력에 의해 인체가 파괴 분열되어 조직의 조각이 주위에 흩어지게 되고 건물의 붕괴가 동시에 일어나면 깨진 벽돌, 콘크리트 조각 등에 의해 2차 피해를 입게 된다. 따라서 절단되거나 분열된 신체 조직은 대부분 오염이 심각한 상태로 발견된다. 인체의 파괴 분열효과는 폭발장소에서 멀어질수록 몸체보다는 머리카락, 다리 등에 부분으로 파괴만 일어날 수 있다.

나. 폭풍에 의한 손상

공기 중에서 일어난 폭발의 충격파를 air blast, 수중에서 폭발이 일어나면 underwater blast(immersion blast), 배의 갑판이나 탱크 위에 있는데 그 아래에서 폭발이 일어나 충격이 전달되어 입는 손상을 solid blast라고 하며 충격파에 의한 손상 정도는 장기 또는 조직의 구조와 상태에 따라 차이가 발생한다. 심장 또는 대퇴부 근육처럼 조직 또는 장기가 비교적 균질한 구조나 상태인 경우는 충격파가 쉽게 통과되기 때문에 손상이 적은 반면, 폐처럼 공기를 함유한 장기나 조직은 쉽게 손상을 받는다. 주로 폭풍에 의해서는 폐, 대장, 귀 손상을, 파편에 의해서는 눈, 안면, 두부손상을 볼 수 있다(표 3).

다. 화염에 의한 손상

폭발가스는 약 3,000℃의 고열을 내게 되어 섬광에 순간

표 3. 폭풍압에 의한 사람 피해¹⁰⁾.

손상개소	손상정도	폭 풍 압	
		지속시간 3 m/s	지속시간 400 m/s
고막파열	한 계	0.35	0.35
	50 %	1.05~1.4	1.05~1.4
폐 파열	한 계	2.59~3.43	0.84~1.05
	50 %	6.89	2.59이상
사 망	한 계	7.84~10.9	2.59~3.64
	50 %	10.9~15.2	3.64~5.04
	전 멸	15.2~21.1	5.04~7.0

적으로 접촉하게 되면 화상(flame burn)이 생긴다. 뿐만 아니라 폭발지점으로부터 조금 떨어져 있어도 방사열에 의해 화상(flash burn)을 입는다. 폭발시의 고열은 섬광성 화해 화상(flash burn)을 입는다. 폭발시의 고열은 섬광성 화염이기 때문에 노출부만 화상을 입고 비노출부는 멀쩡한 경우가 많으며 얼굴이나 사지에 비교적 균등하게 발생하고 피부는 건조되어 적갈색을 띠며 마치 양피지 같은 양상을 보인다.

라. 파편에 의한 손상

폭풍효과가 폭발의 가장 중요한 효과이지만 파편은 인체에 치명적일 수 있다. 파편에 의한 전형적인 세 가지 손상은 좌상, 표피박탈, 좌열창인데 특히 좌열창은 천자성 좌열창(puncture laceration)이라고 불린다. 대개 세 가지 손상이 서로 가까이 혼재해 있으며 분홍 색조를 띤다. 특히 좌열창 주위에 불규칙한 모양의 좌상, 표피박탈이 하나의 밴드처럼 나타나면 폭발물에 의한 파편창이라고 진단할 수 있는 근거가 되며, 창강 내에 파편, 옷조각 등이 박힌 것을 보기도 한다.

마. 2차 손상

폭발 시 파괴된 주위 건물들의 파편들이 날리게 되고 이로 인해 손상이 야기될 수 있다. 심한 경우에는 건물이 붕괴되면서 흉곽이 압박되어 생기는 소위 crush asphyxia 등 2차적인 손상을 입기도 한다.

III. 폭발사고 현황과 과학수사의 현실태

1. 폭발사고 현황과 분석

전세계에서 무장공격, 암살 등 다양한 방법으로 테러가 자행되고 있는 가운데 폭발물을 이용한 테러의 빈도가 가장 높고, 매년 증가 추세를 보이고 있으며(표 4), 우리나라도 총포 및 도검·화약류에 관한 법률 위반건수가 '01년 800여 건에 비해 '02년도는 감소하였으나 '03년도에는 1,100여 건을 넘어서는 등 국민들을 더욱 불안하게 하고 있고(표 5), 국과수에 감정을 의뢰한 건수도 꾸준히 늘어나고 있는 실정이다(표 6). 또한 경찰에서 매년 불법무기 자

진신고 및 색출활동을 실시한 결과 '94년 16만여 건에 달하던 것이 '01년 최고 80여만 건에 이르렀고, '00년 이후에는 계속 40여만 건을 상회하고 있는 등 급속히 증가하고 있는 것을 고려할때 많은 양의 폭발물류가 시중에서 제작·유통·보관되고 있다고 짐작할 수 있으며 잠재적 폭발사고의 원인이 되고 있다(표 7). 표 7에서 총기류는 권총, 엽총, 공기총, 기타 총을 말하며, 폭발물류는 포탄, 실탄, 폭약 등의 폭발물류와 분사기, 전기충격기, 도검류, 석궁 등을 합한 것이다. 1995년도는 실시하지 않았다.

표 4. 연도별 유형별 세계 테러 발생 현황¹⁾.

구 분	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03
계	468	426	435	458	506	429	466	497	778
폭 파	157	172	174	172	205	223	231	226	375
무 장 공 격	156	151	167	207	188	113	149	216	310
암 살	77	56	41	38	49	45	41	20	64
인 질 납 치	28	26	23	26	50	32	31	13	17
항공기 납 치	10	8	7	4	6	9	7	3	-
기 타	41	13	23	11	8	7	7	19	30

표 5. 우리나라 총포·도검·화약류 단속현황²⁾.

구 분	'99	'00	'01	'02	'03
총포·도검/ 화약류 단속	543	768	814	747	1,168

표 6. 국립과학수사연구소 폭발류 감정내용별 현황³⁾.

내용	'97	'98	'99	'00	'01	'02
총계	79,910	89,703	105,494	112,479	130,671	175,277
화재 및 폭발	1,274	1,499	1,969	2,053	2,341	2,252
총기 및 화약	218	220	339	165	129	445

표 7. 우리나라 연도별 불법무기 자진신고 및 색출실적⁴⁾.

연 도	'94	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03
계	181,711	484,283	361,363	144,059	158,313	506,839	876,890	683,761	472,352
회 수 실 적									
총기 류	19,146	36,434	19,790	27,660	31,133	44,239	48,061	12,584	47,864
폭발 물류	162,565	447,849	341,573	116,399	127,180	462,600	812,479	671,177	424,488

2. 폭발사고시 과학수사 체계

폭발물 과학수사란, 폭발물이 범법자에 의해 범죄목적으로 사용되었거나 책임이 있는 자의 관심 소홀과 부주의로 폭발사고가 발생했을 때, 폭발로 인한 제반 현상을 관찰하고 수집된 각종 현장 잔유물에 대한 실험적, 경험적 지식을 총동원하여 이를 비교·분석하고 때로는 화학적, 물리적인 방법 등으로 폭발의 원인은 물론 폭발물의 종류와 설치 시기 및 장소, 점화 방법 등을 추정하여 범인이나 범죄와 관련된 사실을 입증하는 행위를 말한다.¹⁵⁾ 우리나라에서 폭발사고가 발생시 실시되고 있는 과학수사 체계를 살펴보자.

현재 국내에서는 폭발사고가 발생할 경우 일반범죄 수사와 국가대테러활동지침(대통령훈령 제47호)¹⁶⁾ 및 통합방위지침(대통령훈령 제28호)¹⁷⁾에 따라 동시에 조사가 이뤄지다가 일반범죄로 확인될 경우 경·검찰로 이관되고 있다. 구체적 살펴보면 국가적 대테러 업무수행을 위해 제정된 국가대테러활동지침에 따라 폭발(테러)사고가 발생할 경우 신속히 사건 관할기관과 국정원에 통보하되, 사건 관할기관은 국내 테러인 경우는 경찰청이, 항공기와 공항 관련 테러인 경우는 건교부가, 해상 테러인 경우는 해경청이, 군사시설 테러인 경우는 국방부가 되어 사건 대책본부를 구성하고 사건 종결 시까지 상황을 종합처리하고 대책을 강구하도록 되어 있다. 또한, 국정원(군사시설인 경우는 국방부)은 합동조사반을 구성하고 사건분석 및 사후 처리 방안을 강구하여 사건 대책본부를 지원토록 되어 있다(그림 2). 한편, 전·평시 적의 침투·도발이나 그 위협에 대

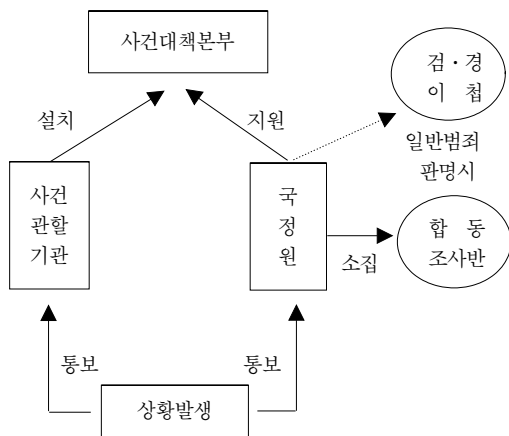


그림 2. 국내 폭발(테러)사고 발생시 조사 체계.

응하기 위해 제정된 통합방위지침은 적 부대 또는 요원의 출현이나 그 밖의 대공공의점 상황이 발생한 경우 간사기관은 현지의 상황을 조사·분석하기 위해 각 기관의 합동신문요원을 소집하여 합동정보신문을 실시하며 간사기관은 관할지역에 따라 국정원, 국방부(기무사), 경찰청이 수행하도록 되어 있다(그림 3).

그러나 이처럼 사고초기에 성격이 다른 다양한 팀(일반범죄 조사, 합동조사반, 합동신문조, 사고 대책본부 등)이 구성됨으로써 일사분란한 지휘체계 유지 및 조사가 곤란하다. 또한, 훈령 47호와 28호의 적용을 명확히 구분하기 어려운 경우, 예를 들면 군 특정경비지역 혹은 경찰 관할지역에 폭발사고가 발생했을 때 단순한 폭발사고인지 적에 의한 폭발사고인지 확인되기 전까지는 국가대테러활동지침에 따라 합동조사반을 소집해야 할지, 통합방위지침에 따라 합동신문조를 소집해야 할지 기준이 불분명하여 초동조치 및 조사의 혼선이 우려된다. 국가대테러활동지침에서는 「훈령 47호와 28호의 적용여부가 불분명한 사건이 발생하는 경우에는 사건성격이 명확히 판명될 때까지 병행 적용한다」고 되어 있어 책임 문제로 2중 조사체계를 유지할 수밖에 없고 관련기관들 사이 책임 한계 및 업무분담, 조사체계 혼란으로 체계적인 과학수사가 이뤄지기 힘든 실정이다.

한편, 다행스럽게 합동신문조의 운용(군, 경찰, 국가정보원 등 관계기관의 대공정보요원으로 구성하여 무장공비 및 적 출현, 체포, 사살 및 기타 대공상황 발생시 현지 조사분석을 실시하고 수집·생산된 첩보 및 정보를 작전부대 및 관계기관에 전파)은 북한의 강릉 잠수함 침투사건,

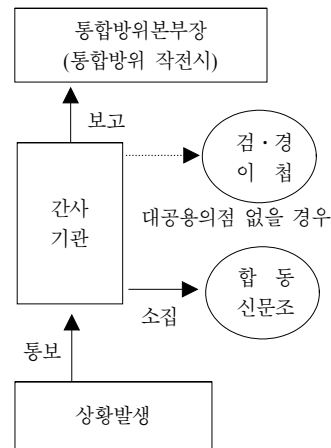


그림 3. 국내 대공상황 발생시 조사 체계.

강화도 간첩선 침투사건, 여수 반잠수정 침투사건 등 수십 년간 사건의 조사경험과 주기적인 교육 및 훈련으로 체계적인 조사가 이뤄지고 있는 반면, 합동조사반(국내·외 테러사건이 발생하거나 발생할 우려가 현저한 때에 예방조치·사건분석 및 사후처리방안 강구 등을 위해 관계기관 합동으로 조사반을 편성·운용하며, 분야별 행정부처 정보·기술 등 실무 전문가와 전기·화재·가스 등 관련 공공기관의 전문요원으로 구성)의 운용은 상황에 따른 사건 관찰기관의 신속한 결정과, 조사반의 소집 여부 판단, 각 기관의 전문성 있는 인원의 참여와 체계적인 임무 분담 및 공조를 기대하기는 어렵다. 또한 사건 대책본부의 장과 실질적인 업무를 수행하는 테러정보종합센터장이 상이하여 유사시 유기적인 협조체제에 지장을 초래할 수 있고, 대통령령 47호 「국가대테러 활동지침」으로는 행정기관에 대한 법적 구속력을 발휘 할 수 없기 때문에 조사활동에 제한을 받을 수도 있다. 더불어 우리나라는 총기·폭발물에 대한 감정을 경찰로부터 운영감독을 받고 있는 국립과학수사연구소와 국방부의 지휘를 받는 국방부과학수사연구소에서 실시하고 있어 증거물의 객관성과 공정성을 인정받는 데 걸림돌이 되고 있다.

3. 과학수사 교육 실태

대부분의 기관에서 폭발사고 시 현장에 참여하는 조사관계자 및 초동조치 요원들에 대해 폭발물 소개교육만 실시하고 있고, 실제 폭발물 특성의 이해와 폭발사고의 손상, 조사방법 및 증거물 처리 등 실무적인 교육은 부족한 실정이다. 군에서 폭발물과 관련된 교육을 실시하고 있으나 군 특성상 폭파 및 안전조치에 중점을 두고 이뤄지고 있고, 폭발물 처리요원(야전군, 독립군단, 탄약지원자에 예속되어야 야전군 탄약 대대의 경우 장교 1명, 부사관 2명, 병 2명으로 구성되며, 인원이나 물자 등에 피해를 주기 위하여 발사·투하·설치된 폭발물의 식별·안전조치·평가·회복 및 처리 등을 수행한다)¹⁸⁾에 대해 불발된 폭발물 처리 교육을 실시하고 있으나 폭발사고 현장에서 효율적인 조사를 위한 교육과는 다소 거리감이 있다. 폭발사고 시 조사지침 또한 경찰청은 현장감식시 폭발물의 증거수집 요령과 총기·화약류에 대한 증거물 채취 방법만¹⁹⁾, 국립과학수사연구소에서는 폭발의 효과, 화약류를 검출하기 위한 화약 잔유물 채취방법과 폭발물에 의한 손상²⁰⁾만을 간략히 서술하고 있다. 한편, 국방부과학수사연구소는 ‘폭발

물 감식’ 장(章)에서 폭발의 유형, 폭발의 효과, 발화장치, 화약의 종류, 폭발물의 식별, 폭발사건 현장감식, 폭발물의 폭발기능 추정에 의한 수사방향 설정 등을 비교적 구체적으로 기술하고 있고,²¹⁾ 법과학과 수사의 ‘총기·폭발물 감정’ 장(章)에서 폭발현장의 조사 및 폭발물의 외관, 폭발물과 폭발물잔사의 성분 확인, 폭발물 사고의 예방을 소개하고 있으며²²⁾, 최신 법의학의 ‘손상과 상해’ 장(章)에서 폭발물에 의한 손상을 대략 기술하고²³⁾ 있는 실정이다. 그러나 폭발사고에 대한 현장임장, 현장감정 및 기록, 현장의 증거처리, 현장 수사 완료 및 기록 등 일련의 절차에 대한 체계적인 조사 지침의 부재와 단편적인 교육, 조사체계의 구조적 문제점으로 인해 과학적이고 합리적인 사고와 증거를 바탕으로 과학수사를 진행하기는 어려운 현실이다.

또한, 국정원에서는 국가대테러활동지침에 따라 테러사건과 관련 합동조사에 참여하는 관계기관 요원들에 대해 교육(국가대테러활동지침 제 39조, 국정원장은 관계기관 대테러 요원의 능력 배양을 위해 교육을 지원)을 실시하고 있으나 짧은 교육일정에 전반적인 테러유형을 다루고 있어 폭발사고에 대한 체계적인 교육 및 훈련을 기대하기 어렵고, 기무사에서 대테러 합동조사요원과 전문요원을 선발하여 자체교육을 실시하고 있고, CIA 관계자를 초빙하여 선진 조사기법을 배우고 있으나 특정기관에 한정되고 있어 여러 관계기관들과 체계적이고 종합적으로 이뤄져야 할 과학수사의 전반에 대한 교육은 미흡한 실정이다.

IV. 폭발사고시 과학수사 방법에 관한 발전방향

1. 조사지침서 제작

폭발사고 시 과학수사는 의학과 과학을 범죄수사에 적용하여 과학적이고 합리적인 사고의 바탕 위에서 범인을 발견하고 증거를 수집·분석·식별하거나 범죄상황을 재구성하여 수사 및 재판단계에서 범인의 유죄 여부에 결정적인 기여를 할 수 있어야 한다. 과학수사 및 합동조사(합동신문)에 참여하는 종사자들 중 경험적으로 폭발물에 대한 풍부한 지식과 과학수사 능력을 가진 요원도 있다. 그러나 이는 소수에 불과하고 이마저 승진이나 전보 등 인사

이동으로 지속적인 업무수행에는 제한이 되고 있다. 또한 각 기관의 소개형태의 교육과 훈련 부족, 지침서의 부재로 체계적인 조사능력은 아직 초보적인 수준이다. 그러므로 체계적이고 효과적인 과학수사를 위해서는 발생 가능한 모든 폭발사고에 공통적으로 적용할 수 있는 지침서를 제작·배포하여 반복적으로 교육하고 참여기관들과 함께 통합 모의훈련을 지속적으로 실시해야 한다.

미국의 국가법과학센터(National Center for Forensic Science)에서는 폭발물 및 폭발사고 현장수사 지침서²⁴⁾(’98. 3. ~ ’00. 1.)를 만들어 모든 폭발 현장에서 조사 절차와 지침을 제공하고 있다. 지침서는 총 6단계로 구성되어 있는데 1단계 도구 및 장비의 조달은 안전성, 일반범죄 현장의 도구 및 장비, 현장에 대한 서류들, 증거 수집, 특수장비로, 2단계 초기대응 시도 및 우선순위는 현장 사전감정, 현장 안전연습, 인명구조 시도, 경계 및 통제체계 확립으로, 3단계 현장감정은 조사관의 역할, 현장 보존, 현장 재연 실시, 필요 증거물 확보로, 4단계 현장의 문서화는 문서 작성, 현장사진/비디오 촬영, 피해자와 목격자 확인 및 인터뷰로, 5단계 현장 증거처리는 증거처리반 편성, 증거처리, 오염통제, 증거 감정/수집/보존/목록 작성/포장/운반으로, 6단계 현장수사 완료 및 기록은 모든 수사 단계의 문서화 확인, 현장 처리완료 확인, 현장 해제, 사고관련 기록 제출로 구성되어 있다.

2. 과학수사 방법에 대한 소고

가. 조사체계 검토

폭발사고가 발생할 경우 우리나라의 특수한 상황으로 국가대테러활동지침과 통합방위지침이 함께 적용될 수 있는 가능성이 많다. 따라서 조사체계의 혼선을 방지하고 신속한 조사를 위해 사건 관할기관에서 조사 참여기관들을 통합적으로 지휘함으로써 지휘체계를 단순화시키고, 국가대테러활동지침을 준용하되 훈령 28호의 합동신문조 간사기관을 국정원과 국방부(기무사)로 조정하고 특정경비지역(해역) 내에서 폭발사고시 국방부에서 사건대책본부를 구성토록 하여 국내에서 사건이 발생할 경우 합동조사반 및 합동신문조 운영은 국정원에서, 군사시설 및 특정경비지역(해역)에서 합동신문조 및 합동조사반 운영은 국방부에서 운영토록 양분화하거나(표 8) 새로운 법률(테러방지법 등)을 제정하여 조사체계를 명확하게 명시해야 한다.

표 8. 조사체계 조정을 위한 개선사항.

통합방위지침 (훈령 28호)	합동신문조 간사기관(제 29조) 국정원, 경찰청, 국방부(기무사) ⇒ 국정원, 국방부(기무사)
국가대테러 활동지침 (훈령 47호)	설치 및 구성(제 20조) 일반테러인 경우 경찰청, 해양테러인 경우 해양경찰이 관할기관으로 대책본부를 ~ ⇒ 육상(해상)특정경비 지역은 국방부가 ~

나. 조사 절차

폭발사고에 대한 지침서가 없는 가운데 안전을 확보하고 효과적인 과학수사를 위해 현장 출동 및 현장 입장, 현장조사(감정), 현장의 문서화, 현장의 증거처리, 현장의 수사완료 및 기록을 일련의 절차로 구성하였고, 본 연구에서는 현장조사 및 현장의 문서화, 증거처리에 대해 세부적으로 고찰하였다. (Appendix ‘A’)

(1) 현장 출동

폭발 현장은 직접적으로 관련된 사람들은 물론 부근의 다른 사람들에게도 위험이 존재하는 지역이다. 폭발 현장은 잔여 폭발물이 남아있을 가능성과 혹은 남아 있는 폭약이나 폭발물이 폭발할 가능성도 있다. 대부분 이런 위험성에 대비하기 위한 장비는 현장에 따라 달라지지만 기본적으로 폭발 현장에 임할 때 무기 및 안전을 확보할 수 있는 장비와 일반 범죄현장의 도구와 장비, 현장에서 작성하는 서류 및 증거수집에 필요한 각종 장비, 특수장비(증기감지기 등)를 휴대해야 한다.

(2) 현장 입장

최초로 현장에 도착하는 관계자들은 폭발사고의 처리를 위한 지휘체계 및 사고의 범위를 판단하고 피해자, 사고처리자, 구경꾼들에게 피해를 줄 수 있는 현장 위험요소를 확인·제거·완화시키는 안전조치를 취한 후, 구조 작업과 현장 보존을 위한 통제 및 출입자를 제한하기 위한 현장접근 체계를 확립해야 하며 지속적으로 현장에 대한 기록을 실시해야 한다.

(3) 현장 조사(감정)

폭발물에 관한 전문가가 아닌 일반범죄 수사관이 현장조사를 할 경우 오히려 중요한 단서를 없애거나 놓칠 수 있어 전문가들을 적극 참여시킨 가운데 조사가 진행되어야 한다. 조사관들은 관계기관별 분담된 임무를 숙지한 후, 최초 현장 도착자들로부터 현재의 상황과 어떤 사고가 발생

했는지를 확인하고 최초 현장 도착자들이 취한 조치(응급·안전조치, 현장접근 및 증거물 보관체계 등)를 확인한다. 이후 출입금지 경계선과 원점 보존구역의 설정, 오염 통제절차의 수립, 증거수집, 현장접근 통제절차의 수립을 통해 현장을 보존한다. 특히 조사자는 현장의 무결성을 보호하기 위해 절차를 수립·준수하고 현장을 기록한다. 현장요소들과 사건에 대한 전반적인 이해를 위해 현장관찰이 끝난 후 사건을 재구성하여 증거와 위험요소를 재확인해야 한다.

(가) 현장조사 요령

출입금지 경계선은 폭발 중심지에서 파편이 가장 멀리까지 날아간 지점을 측정된 다음 그 거리의 반만큼 더 바깥으로 물러난 지점에 설치한 후, 4가지 현장 조사 방법(격자형, 나선형, 4분형, 구간조사형) 중 사고현장에 맞는 방법을 선택하고 6하 원칙을 고려하여 폭발현장을 관찰하며 증거를 수집하기 위해 조심스럽게 접근한다. 상황에 따라 파편들이 퍼져 있는 지역을 보호구역으로 설정하며 사고 현장 사진 촬영은 출입금지 경계선 밖에서 찍는다.

1) 폭발의 방향

가) 파이프나 鐵路, 창문틀, 가구나 선반, 대못, 볼트의 흰 방향과 흙더미가 무너진 방향이 충격과의 진행방향이며 건물이나 수목에 폭약이 설치된 경우는 폭약이 설치된 방향으로 넘어진다.²⁵⁾ 금속문이나 안이 비어 있는 금속 컨테이너는 폭발 진행방향으로 움푹하게 휘는 반면, 물이 가득 찬 탱크나 에어컨 방열기는 압축되지 않아 이런 현상이 발생하지 않는다.

2) 폭발의 강도

가) 금속문이나 컨테이너가 움푹하게 휘는 것과 흙더미가 붕괴된 정도를 보고 폭발 강도를 예측한다.

나) 파편의 크기가 작을수록 폭발속도는 빠르다.

다) 폭발물의 포장용기 강도가 셀수록 커진다.

라) 폭풍과 파편의 비산거리 및 파괴정도, 인체의 손상사로 추정한다.

3) 폭발장소 / 깊이

가) 표면에 움푹 파인 곳이 있거나 혹은 움푹 파여 구멍이 난 곳을 추정한다.

나) 가는 전선 조각, 화학장치, 타이머 장치 등이 발견된 주위를 폭발장소로 추정한다.

다) 사상자의 위치와 자세, 손상의 부위 등으로 폭발장소를 추정한다.

라) 폭발 깊이는 폭파구의 형태로 판단한다.²⁶⁾

• 지면에서 폭발한 경우 폭파구는 아주 얇거나 구

별하기 힘들다. 그러나 폭풍과 파편 비산에 의한 피해는 뚜렷이 나타난다.

• 약 3M 깊이에서 폭발한 경우 폭파구는 약 45° 각도로 지층을 절단하고 폭발물의 큰조각이 폭파구에 역충전되거나 폭파구의 윤곽은 뚜렷하며 폭풍과 파편에 의한 피해와 지면 충격에 의한 손상이 나타난다.

• 약 6M 깊이에서 폭발한 경우 폭파구는 거의 직각으로 지층을 절단하고 이 절단층은 보통 잡석에 의해 역충전되어 조그마한 폭파구가 나타난다. 작은 폭파구가 주위에 산재하고 대부분의 손상은 지면 충격으로 나타난다.

마) 토사와 콘크리트에서 폭발시 폭파구의 직경은 거의 차이가 없다. 다만, 토사의 폭파구 깊이가 콘크리트 바닥 보다 2배 정도 깊게 형성된다(폭약량이 5kg 이상일 경우는 구별 곤란)²⁷⁾.

4) 폭발물의 식별

가) 전선 조각, 화학장치, 타이머 장치 등을 통해 점화방법을 추정한다.

나) I빔 및 강판, 레일, 환철봉이 절단된 경우는 TNT·콤포지션을, I빔 및 강판이 관통된 경우는 성형장약에 의한 폭발로 추정한다²⁸⁾.

다) 다른 물체에 박힌 파편들을 보고 폭발물이 어떤 용기에 장착되어 있었는지, 어떤 종류였는지 파악한다.

라) 훈련 받은 동물의 후각을 이용한다. 즉, 다이너마이트의 주성분인 니트로글리세린 및 에텐렌글리콜은 특유 냄새를 갖고 있다.

마) 폭발시 연기 색깔로 확인한다(다이너마이트의 경우 흰색 연기 발생 등).

바) 폭발물 용기를 보고 탄종(군용, 산업용, 사제 화약 등)을 예측한다.

사) 외부에 표기된 문자로 확인한다.

아) 색채로 식별한다. 군용은 일반적으로 녹색, 갈색, 검정색 등의 보호색을, 산업용은 너관의 전선에 단자 표시를 위해 여러 색채를, 폭약류는 회색, 베이지색, 회백색, 회갈색을, 도폭선은 분홍색을, 도화선은 어두운 베이지색을 사용하며, 테러에 자주 사용되는 RDX, PETN 및 혼합폭약들은 흰색, 회백색, 회갈색 등의 색채를 띤다.

자) 폭발물 크기나 모양, 폭발사고 현장의 주위환경을 분석하여 식별한다.

차) 파편의 형태로 확인한다. 즉, 파편이 길쭉해지고 찌그러지며 얇은 형태를 갖고 있으면 고성능 폭약의 종류로, 파편조각이 크고 각 면이 길쭉하며 예리한 칼날 같

은 모양을 볼 수 없으면 저성능 폭약의 종류로 추정한다.

카) 파편이 균등한 크기, 형태, 중량을 갖고 있으면 폭탄 외피에 동일한 규격과 형태의 깊은 홈이 있는 것으로 판단한다.

타) 화학의 용점이나 성분분석 및 일정한 시약을 이용한 색채반응 등 실험분석으로 확인한다.

5) 피해의 예측

폭파구 반경으로 폭약량을 추정하고 폭약량으로 폭파구의 깊이를 예측하며, 폭발지점으로부터 거리별 폭풍압을 산출하여 인명 및 구조물에 대한 피해²⁹⁾와 사망자의 부검을 통해 폭발 정도 및 피해를 예측한다.

6) 용의자 추정

폭발물의 제조방법, 종류, 설치장소 및 방법, 제조에 필요한 전문기술 및 지식정도, 폭발물의 대상 목표, 점화·폭발방법, 폭발물에 사용된 물질의 출처, 폭발물에 남아있는 고유한 스타일 혹은 표식(금속조각에 'FC' 표식 - '78년부터 소포 폭탄으로 25명을 사상한 美 폭파범이 폭발물에 표식한 글자- 등)와 현장에서의 지문 및 유류물 확인결과 등을 종합하여 판단한다.

(4) 현장의 문서화

사고 개요(일시 및 장소 등)와 피해상황 및 조사내용(폭파구의 직경, 깊이, 형태, 폭발면의 재질 등), 현장출입 기록 및 현장에 대한 촬영·스케치 등을 도표 또는 문서를 이용하여 외부로부터 사고현장 중심부 순으로 정밀하고 상세하게 기록한다. 특히 폭파로 인한 효과(건물 등의 구조적 피해, 휘어짐, 열효과, 폭발 전·후 피해자들의 위치, 파편 검사결과, 사상자들의 진료 및 사후 검시결과 등)도 기록한다.

증거물에 대한 법정 증거력 확보를 위해 증거의 수집, 보관, 검사 의뢰, 감정 결과 등에 대한 인계 및 이관 기록을 명확히 하고 모든 단계에서 문서를 만들어 서명을 받아야 한다. 사진 및 비디오 촬영은 현장이 오염되고 훼손되기 전에 실시하되 현장의 재구성과 현장 상황을 쉽게 파악할 수 있도록 현장 전반을 촬영한다. 필요시 현장에 대한 설명도 녹음한다. 사진/비디오 목록은 반드시 유지하고 현상된 사진이 불충분하더라도 현상 사진의 원판(필름)을 수정 또는 폐기해서는 안된다. 사고지역이 광범위할 경우 측량장비, GPS, 항공촬영 장비를 이용하여 현장을 촬영, 묘사, 문서화한다. 폭발시 사용된 장치의 특성 및 사건 당시의 주변 상황을 판단하기 위해 피해자와 목격자가 현장을 벗어나기 전에 이름과 연락처 등을 확인하고, 인터뷰 간에

폭발할 때의 소리, 섬광, 연기의 색깔, 폭발의 횟수, 공기 중의 냄새, 폭발 후 주변상황 등 폭발과 관련된 정보를 최대한 확인한다. 의료팀 및 검시관, 병원 응급처치팀과는 사고 및 상해에 대한 인터뷰를 실시한다.

(5) 증거물 수집 및 처리

현장의 규모와 상황에 따라 증거물 처리에 차이가 있겠지만 미식축구 선수인 오 제이 심슨이 이혼한 전 아내와 친구를 살해하였으나 Chain of custody³⁰⁾ 문제로 인해 FBI가 법정증거로 제시한 사건현장 촬영 사진의 相異, 초동 단계에서 잠재 족흔의 미발견, 조사 의뢰사와 실험간 혈흔 상태의 차이, 발견된 심슨의 양말에 대조 자료로 채취된 혈액이 묻혀 있다는 점 등 증거의 수집·보관·처리의 무결성 부족으로 무죄를 선고했다. 이처럼 증거로서 가치를 인식하고 사건현장에서 법정까지 증거력 확보를 위해 세심한 주의가 필요하다. 따라서 증거물 처리는 폭발물 처리 전문가, 과학수사 전문가, 법의학자, 사진사, 건축 안전 전문가 등 전문성을 갖춘 요원의 지원을 받아 경험있는 증거 처리 요원들이 실시해야 한다.

(가) 증거의 수집 / 분석 요령

- 1) 현장 여건을 고려하여 전량 수집·채취한다.
- 2) 수집(폭발물 파편 및 부품, 발화제 및 휘발성 물질 등)시 현장에 지문이 남지 않도록 장갑을 착용한다.
- 3) 모든 증거는 사진촬영 후 꼬리표(품목번호, 발견장소, 수집자 인적사항, 수집일시, 증거물의 모양 표식, 설명, 포장방법, 위험성 식별정보 등)를 부착하고 적절한 개별포장이 이뤄졌는지 확인하고³¹⁾ 증거물 목록을 작성 후 지정된 장소에 보관한다.
- 4) 폭발지점 표면의 파편이나 토양을 채집하고 비교용 샘플을 수집하며 흡착성이 있는 섬유, 고무 등은 반드시 수집한다.
- 5) 현장에 발견된 증거물과 용의자로부터 입수한 증거물은 분리 보관한다.
- 6) 변질 가능성이 있는 물질은 수집·보관에 유의한다.
- 7) 폭발물 전문가가 폭발물을 제거할 때 가해지는 모든 변형은 반드시 표시한다(어떤 선이 어디에서 절단되었는가 하는 것이 도구 사용흔적 비교의 단서가 될 수 있다).
- 8) 수집된 증거물이 손실되거나 오염되지 않도록 포장한다.
- 9) 폭발현장 주변에 뇌관의 파편, 전선, 타이머, 건전지, 호출기, 핸드폰, 회로기판, 기타 주변과 어울리지 않

는 전자제품 등이 있는 경우 수거한다.³²⁾

10) 법의학적 증거물(신체조직, 내부장기 등)과 사상자가 입고 있던 옷 및 파편을 수거한다.

11) 폭약의 포장지, 상자 또는 파편으로 이용하기 위한 물체(병 등)를 수거하고 지문 채취를 실시한다(미 육군은 이라크전 후 사제폭발물 현장에서 지문채취로 다수 용의자를 체포하였다).

12) 폭발물은 발견상태 그대로 수거하되 안전성을 고려하여 폭파시는 가능한 한 적게 파괴되도록 하여 폭발물 조각을 다시 수거한다.

13) 용의자 손에서 화약성분을 채취한다. 사람의 손에서 다이너마이트 성분의 잔존은 17시간 동안 6회 손을 씻은 후에도 NG가 검출되었고, 수면을 취하지 않는 경우에는 16시간이 경과한 후에도 검출되었다.³³⁾

14) 토양은 기후 변화가 없는 경우 최고 12일 경과 후에도 폭약성분이 검출되었다. 따라서 사건 직후 현장에 도착하여 직접 감정물을 채취할 수 있는 경우는 가스포집기를 이용하여 대기 시료를 비닐팩에 채집하고, 폭발 12시간 이후 현장에 도착하는 경우는 폭파구 주변 토양을 감정물로 채택한다.³⁴⁾ 예를 들어 니트로글리세린의 경우, 휘발성이 강해 상온에서 하루 경과시 27%, 3일 경과시 35%, 5일 후에는 45%, 7일 후에는 73%가 감소한다.

15) 파괴 분열된 시체의 경우 개인 식별과 피해자가 다수인 경우 사상자 수를 확인하기 위해 신체 조직을 최대한 수집한다.

16) 폭발사고의 종합적인 판단은 폭파구의 크기와 깊이, 형태, 폭발면의 재질(토양, 콘크리트, 나무, 돌 등)과 파편이나 기물의 비산/관통 상황, 폭풍에 의한 피해상황 등을 고려하고 목격자의 진술내용 및 폭발잔사의 성분시험결과 등을 종합하여 판정한다.

(나) 잔해 채취 및 의뢰시 유의사항

1) Nitric ester계의 다이너마이트는 폭파 후 미폭제의 잔존량이 적으므로 24시간 이전에 시료를 채취하고 직물, 종이, 가죽 등을 증거물로 채취시는 흡수력이 약한 비닐로 포장하고 밀봉하여 냉암소에 보관한다.³⁵⁾

2) 폭파구 표면의 잔사를 200~300g 채취하여 비닐 봉지에 밀봉하고 잔사가 없는 경우는 오염(소화약제나 방화수 등)되지 않는 주변 벽체나 기물에 묻은 그을음을 에틸이나 아세톤 또는 증류수를 묻힌 면포(탈지면)로 닦아 시험관에 밀봉한다.³⁶⁾

3) 폭파구를 중심으로 미폭발된 잔류폭약이나 폭발

생성물이 부착된 파편 등을 채취하고 폭약성분은 용기로부터 분리하여 의뢰한다.

4) 폭발 증거물 의뢰 시 폭발상황에 대한 정보도 함께 제공한다.

(6) 현장의 수사 완료 및 기록

현장수사 결과의 정리 및 검토회의는 최초 현장임장 관계자, 과학수사요원(합동조사반), 응급구조요원, 기타 관계자들이 참석한 가운데 수집된 증거를 확인하고 증거물 기록 자료를 검토하며, 검사(법의학/법과학)의 우선순위를 결정하고 수사완료를 위해 도출된 조치사항(정보 유출금지, 현장 인계 준비 등)을 실행한다. 또한, 범죄현장의 최종 분석간 사고현장에 대한 점검을 실시하고 현장에 남아 있는 증거물을 추가적으로 수집하며, 현장수사에 사용된 도구와 조사관 유류품을 수거하고 현장 인수자에게 안전 위험요소를 통보하며 현장보존을 해제한다. 더불어 폭발현장 기록물(최초 현장 임장 관계자 기록, 응급구조요원 기록, 사진/비디오, 스케치/도표, 증거물 기록, 법과학/법의학 소견서, 합동조사결과 등)을 만들어 관리하고 보존하며 공유한다.

3. 조사관계자들의 과학수사 능력 제고

폭발사고에 대한 정보와 경험이 부족한 현재, 초동조치 관계자 및 조사관들에게 전문성 함양과 team approach를 위해 경·검찰에서 보관하고 있는 일반 폭발사고 자료와 국정원의 테러 폭발사고 자료, 국방부과학수사연구소의 군내 폭발사고에 대한 법의·법과학적 감정자료, 국립과학수사연구소의 감정자료를 공유하고 통합 교육과 모의훈련을 실시하며, 최근 대학원, 민간연구소³⁷⁾, 동호회에서도 법의학 및 법과학과 폭발물 테러에 대해 연구와 활발한 논의가 이뤄지고 있는 만큼(민간연구소는 한국 법과학연구소, 동호회는 법의감식연구회, 과학수사발전 연구회 등이 활동하고 있다.) 폭발물 전문가 초빙교육과 민·군 세미나 등을 개최해야 한다. 또한 국정원 및 대검찰청에서는 폭발사고와 관련한 범죄동향 및 수법, 폭발물 범죄추세에 대한 정보를 공개하여 조사관들이 폭발사고 추세에 대한 마인드를 갖을 수 있도록 해야 한다. 미국의 경우는 국가법과학센터(National Center for Forensic Science)에서 폭발물 및 폭파사고 현장 수사 지침서를 작성하고 폭발사고 시 조사 능력 함양을 위해 15개 기관에서 교육을 실시하고 있다.³⁸⁾

4. 과학수사를 위한 법적·제도적 보완

날로 다양화·지능화되고 있는 폭발사고 조사에 있어 과학수사 방법만으로 신속하고 정확하게 조사하는 것은 제한적일 수 밖에 없다. 따라서 법적·제도적 보완과 더불어 연구기관의 확대 및 민수·군사용 폭약 및 뇌관의 관리 감독 강화와 폭발물사고 관련 자료의 데이터 베이스화 등 사전에 예방할 수 있는 대책 마련이 병행되어야 한다.

첫째로 폭탄 테러 억제를 위한 국제협약('97.12.15 유엔 총회 채택으로 '98. 1.12. 발효되어 '04. 2.17 가입한 협약)으로 폭발물 또는 기타 치명적인 장치를 이용한 테러 공격을 방지하고 테러 행위자들을 기소, 처벌하기 위한 목적으로 제정하였으며, 협약 당사국은 적절한 처벌 조항을 포함한 국내법 제정, 사실에 대한 예비조사, 형사 소추·범죄인 및 범죄 혐의자에 대한 인도·이송·형사 사법공조, 범죄 방지 협력 등의 의무를 이행해야 한다.) 및 가소성 폭약의 탐지용 식별 조치에 관한 협약('91. 3. 1 작성되어 '98. 6.21. 발효되었으며 '02. 1. 2 가입한 협약)으로 테러에 사용되어 온 가소성 폭약을 탐지할 수 있는 식별 조치를 통해 테러 억제를 목적으로 하고 있으며, 협약 당사국은 자국 영토내에서 비식별 폭약의 제조금지 조치, 자국 영토내에서 제조되거나 반입된 비식별 조치 폭약의 소유 및 소유 이전 통제 조치 등의 의무를 이행해야 한다.)을 바탕으로 폭약 내에 탐지제를 첨가하는 법률을 제정하여 감정물 의뢰 시 쉽게 폭발물의 종류 및 출처, 성분 등을 확인할 수 있도록 해야 한다. 스위스 정부는 1980년 모든 폭발물에 그 출처를 밝힐 수 있는 성분(폭발물내 taggant는 미세한 색깔을 가진 입자들로 폭발 후에도 폭약의 출처를 알아낼 수 있도록 첨가된 물질이며, 현재 마이크로태건트 및 HF6, Explotracer [폴리에틸렌 메트릭스+희토류 원소+형광염료+철가루]를 사용하고 있으며 물리적 분석과 X레이 실험을 통해 확인 가능)을 포함해야 한다는 법안을 통과시켰고, 미국도 플라 스틱폭약에 대해서는 탐지제를 첨가하는 것을 의무로 하는 법안(미국에서는 테러방지법에 플라스틱 폭발물은 증기 압이 낮고 다양한 모양으로 만들어질 수 있기 때문에 네 가지 검색용 taggant[ethylene glycol dinitrate; 2,3-dimethyl-2, 3-dinitrobutane; para-mononitrotoluene; ortho-mononitrotoluene] 중 하나 이상을 섞도록 규정하여 탐지를 쉽도록 하였다)을 통과시켜 시행하고 있다.

둘째, 폭발 원인을 분석·감정하는 기관을 국립과학수사연구소(물리분석과)와 국방부과학수사연구소(총기 감식

과)에서 폭발물을 연구하고·실험하는 기관(국방과학연구소) 및 민간 연구단체(한화, 풍산, 대학교 등)까지 확대하여 화학적 폭발사고에 대한 연구 성과(폭발사고 재연³⁹⁾ 등을 축적하는 등 과학수사 발전에 기여할 수 있도록 해야 한다. 일본의 경우 과학경찰연구소의 6부 2소중 제 2부(법과학)에서 범죄수사와 관련된 물리학 및 공학, 특히 전기, 전자, 반응화학, 응용물리학 등을 연구하고 이러한 기술을 응용하여 감정 및 검사를 실시하고 있으며 물리연구실, 화재연구실, 폭발연구실 등을 운영하고 있다. 2 개소 중 부속감정소는 각종 고성능 분석기기를 활용하여 범죄 현장에 남아 있는 미량의 자료에서 범죄사실을 과학적으로 입증하기 위한 연구를 수행함은 물론 개발된 새로운 검사기술을 감정에 응용하고 있다.⁴⁰⁾ 미국은 FBI 과학수사 연구소에서 법과학을 전담하고 있는데 폭발물 자료센터, 화학분석반, 대테러 및 법과학연구반, 폭발물처리반, 화기 감정반, 법과학시스템반, 위험물대응반 등으로 세분화하여 운영하고 있다.⁴¹⁾

셋째, 전국 62개 업소에서 연간 약 31,000톤의 화약을 판매하고 있고 다량이 수입되고 있어 범죄에 사용할 목적으로 폭발물을 제조하고자 할 경우 쉽게 인터넷이나 약국, 화공약품상에서 구입하거나 군 및 지하철 공사장이나 학교 실험실 등에서 절취할 수 있다. 총포·도검·화약류 단속법에 따라 제조·수입·운반·판매·사용·폐기 등 모든 과정을 규제하고 있다지만 사실상 화공약품 구입 시 특별한 제한이 없고, 분실 폭발물에 대한 통계도 없는 실정이다.⁴²⁾ 미국의 경우는 1993~1997년간 50,000파운드 이상의 대·소형폭발물 및 폭발물질과 30,000개 이상의 기폭제가 도난 당했다고 한다.⁴³⁾ 경찰청에서 실시하고 있는 불법 무기 자진신고 및 색출실적을 미뤄볼 때 폭발물류의 분실은 상당하다고 판단된다. 따라서 전국의 화약 생산·저장·판매 시설·폭약류 취급 건설현장과 군에서의 폭약 도난·유출 방지를 위한 대책수립과 실명자 확인 등 거래에 대한 통제대책이 마련되어야 한다.

마지막으로 폭탄 제조자들은 자신들만의 고유한 스타일 및 폭탄제조 기술을 갖고 있고 전문적인 교육을 받은 유경험자들이거나 관련자들이다. 예를 들어, 1986.9.14. 김포 국제공항에서 폭탄이 폭발하여 5명이 사망하고 30명의 사상자가 발생하였는데 범행에 사용된 시한폭탄이 고성능 화약(C-4)이고, '83년 대구 미문화원 폭파사건 및 미안마 아웅산 테러사건과 수법이 유사한 점, 불특정 다수인의 무차별 살상을 목적으로 한 점 등을 들어 북한의 소행으로 추

정하였다. 또한 우리나라 CJ 소포 사제폭발 사건의 용의자는 전기과를 졸업했으며, 미국 오클라호마 시티 폭탄 테러범은 분자생물학을, 뉴욕시티 국제무역 센터 폭파범은 화학을 전공했다. 따라서 폭발 대상 및 설치장소의 유사성과 폭발물에 사용된 물질의 출처 등을 통해 수범을 확인하고 연쇄 폭파범의 소행 여부를 판단⁴⁴⁾하며, 폭발물 제조방법과 폭발 방법⁴⁵⁾을 확인하여 유경험자나 전문교육 이수 여부를 예측함으로써 폭발사고에 대한 신속한 처리는 물론 예방할 수 있도록 과거 폭탄사고 자료를 데이터베이스화하고 지속적으로 관리해야 한다.

V. 결 론

폭발사고와 폭탄을 이용한 테러는 사회에 커다란 영향을 미침에 따라 신속한 조사로 범인 검거를 요구하고 있지만 광범위한 사고현장과 현장 접근의 제한, 증거 인멸의 용이함과 사고조사의 복잡성 및 전문성 부족 등으로 효과적인 과학수사에 어려움을 겪고 있다. 그럼에도 불구하고 우리나라에서는 폭발물에 대한 과학수사가 깊이 있게 다루이지 않은 관계로 화학적 폭발사고시 효과적인 과학수사 방법에 대해 문헌 연구중심으로 고찰하였다. 사고 현장과 조사체계의 복잡성, 전문성과 자료의 부족으로 초보적인 단계에 있는 폭발물 사고의 과학수사 절차 중 중심이 되고 있는 현장조사, 현장의 기록, 증거물의 수집 및 처리에 대해 조사체계를 정립하였고, 폭발사고 현장조사 Check List를 활용한 철저한 현장조사와 증거물 수집 및 처리로 법정 증거력을 보장받을 수 있도록 하였고 복잡한 조사 체계에 대한 단순화를 검토하였다. 앞으로 우리나라 폭발사고에 일반적으로 적용할 수 있는 지침서 제작과 조사관들에 대한 지속적이고 체계적인 교육 및 통합훈련의 실시, 폭발사고시 폭발물의 종류, 성분, 출처 등을 알 수 있도록 폭발물에 탐지제를 첨가하는 법률의 제정, 과거 폭발사고에 대한 정보 공유 및 폭발사고와 관련한 범죄동향과 수범을 확인할 수 있도록 데이터 베이스의 구축 등은 향후 추진하여야 할 과제라고 생각한다.

Appendix A

o 폭발사고 조사현장 Check List

구 분	항 목	확인	불확인	메모
현 장 출 동 시	사고현장은 확인했는가?			
	도구와 장비들은 휴대했는가? (호신/호송, 채증, 계측, 관찰, 통신 장비 및 기록장비, 현장조사 메뉴얼, 특수장비 등)			
	도착시간은?			
	폭발사고의 정확한 주소(지점)는?			
	날씨와 기온, 일조 상태는?			
	현장보존 조치는 되어있는가?			
	임무 분담은 했는가?			
	현장 위해요인은 확인하고 조치했는가?			
	피해자 응급조치는 했는가?			
	피해상황, 사상자는 개략적으로 파악했는가?			
현 장 입 장	출입자 제한대책은 강구했는가?			
	대기지역은 설정했는가?			
	최초 목격자는 확보했는가?			
	현장 출입자는 기록하고 있는가?			
	언론 통제대책은 수립했는가?			
	현장 기록(사진, 비디오 촬영 등)은 하고 있는가?			
	최초 현장 도착자들로부터 현재까지 상황을 청취했는가?			
	분야별 전문 조사관은 요청했는가?			
	최초 현장 도착관계자들이 취한 조치는 적절한가?			
	출입금지 경계선은 적절하게 설치했는가?			
현 장 조 사	주·야간 현장조사 대책은 강구했는가?			
	조사방법(격자형, 나선형, 4분형, 구간조사형)은?			
	현장 오염방지 절차를 수립하고 문서화하는가?			
	증거수집 및 통제, 관리에 대한 절차를 수립하고 문서화하고 있는가?			
	2차 폭발장치 유·무에 대한 수색은 했는가?			
	6하 원칙에 의해 조사하고 있는가?			

구 분	항 목	확인	불확인	메모
현 장 조 사	구체적 피해(인적·물적)상황은?			
	피해자와 목격자를 인터뷰했는가?			
	특수장비(항공촬영, GPS 등)의 필요성은?			
	현장 재연은 실시했는가?			
폭 발 조 사	폭발의 방향은?			
	폭발의 강도는?			
	폭발 시간과 장소는?			
	폭과구의 형태(크기, 길이, 절도 각도)는?			
현 장의 문서화	폭발물의 특징(탄종, 색깔, 문자, 크기, 파편형태)은?			
	피해 반경은?			
	폭과범 특징(제조기술, 설치장소, 사용물질의 출처 등)은?			
	외부로부터 사고현장 중심부 순으로 기록하는가? (사진, 비디오, 스케치, 도표, 문서 등을 이용)			
증 거 수 집 처 리	사상자의 위치와 자세, 손상 부위는 확인했는가?			
	비디오, 사진 목록은 기록하고 있는가?			
	목격자들의 진술서는 받았는가?			
	폭발효과(휘어짐, 파괴 등)는 기록했는가?			
증 거 수 집 처 리	증거물 수집에 적절한 용기를 사용하고 있는가?			
	증거물은 모든 단계에서 서명을 받고 있는가?			
	폭발물의 구성, 운반에 사용되는 것으로 추정되는 물질은 수거했는가?			
	폭발물이 존재할 경우 폭과장소는 결정했는가?			
증 거 수 집 처 리	폭발물의 운반 방법은 결정했는가?			
	증거물은 사진촬영, 저장용기에 포장/보존, 꼬리표 부착, 증거목록에 기록, 지정된 장소에 보관하고 있는가?			
	증거 수집시 장갑은 착용했는가?			
	폭발지점 표면의 파편이나 토양은 채집하고 비교 샘플도 채취했는가?			
증 거 수 집 처 리	폭발물 제거를 위해 조치한 사항을 기록했는가?			
	법의학적 증거물(신체 조직, 내부 장기)과 사상자의 옷과 몸 속의 파편은 수거했는가?			

구 분	항 목	확인	불확인	메모
증 거 수 집 처 리	폭약의 포장지, 상자 등 관련물에 대해 지문채취는 했는가?			
	대기시료 감정물은 채취했는가?			
	용의자의 손에서 화약성분은 채취했는가?			
	수사원료를 위한 조치사항은 도출했는가?			
현 장 사 료 및 기 록	현장에서 사용된 도구와 조사관의 유류품은 수거했는가?			
	폭발현장 기록물을 만들어 관리하고 공유하는가?			
	장비 및 인력에 대한 오염제거와 세독은 했는가?			
	현장보존을 해제할 준비는 되었는가?			
증 거 수 집 처 리	현장을 개방하기 전 현장상황에 대해 최종 사진 촬영 및 비디오 촬영은 했는가?			

참고문헌

1. www.defendamerica.mil 'terrorism knowledge base'
2. 국과수 연보, 폭발후 대기중에 존재하는 폭약성분의 분석에 관한 연구, 2003, 302-309면.
3. 안양기, 폭발흔으로부터 폭약량 추정에 관한 연구, 2004, 40-48면.
4. 이상한, 대한법의학회지 제 22권 '총기 및 폭발물에 의한 복부 손상', 71-73면.
5. 국방부과학수사연구소, 과학수사편람, 2002.11 456면.
6. Crowl W. K. Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions, Conweb U.S. Army, Navy, and Air force, U.S. Government Printing Office. Washington D.C. 1969.
7. 이상한, 전계논문, 71-73면.
8. 문국진, 최신법의학, 2002. 75면.
9. 이상한, 전계논문, 72면.
10. 종합안전공학 연구서 SE(ライフテイクミニアツク) 일본 1권, 16-21면.
11. 경찰청, 경찰통계, 2005.
12. www.spo.go.kr(검찰청), 범죄분석.
13. 경찰청, 경찰통계연보 재구성, 2003, 394-396면.
14. 경찰청, 경찰통계, 2005
15. 국방부과학수사연구소, 전계서, 446면.
16. 국가대테러 활동지침 '82. 1.21 제정, '05. 3.15 개정.

17. 통합방위지침 '67.12.15 제정, '04. 7. 1 개정.
18. 육군 종합군수학교, 탄약처리, 1998.
19. 경찰청, 길라잡이 범죄현장수사, 2004 37-38면, 124-125면.
20. 국과수, 과학수사 실무, 2003. 2 359-364면.
21. 국방부과학수사연구소, 전계서, 445-502면.
22. 유영찬, 법과학과 수사, 2002 250-258면.
23. 문국진, 전계서, 75면.
24. A Guide for Explosion and Bombing Scene Investigation, 2000 NCJ.
25. 한강술, 폭약의 기초이론 및 제원 산출 결과에 관한 연구, 2003 50면.
26. 교육참고, 탄약처리, 1998 114면.
27. 안양기, 전계논문, 27면.
28. 한강술, 전계논문, 60면.
29. 안양기, 전계논문, 52면.
30. 박희경, '사건현장에서 법정까지 법정 증거력 확보를 위한 증거물 관리의 필요성' 2004. 9 96면.
31. 경찰청, 길라잡이 범죄현장 수사, 2004, 37면.
32. 국과수, 전계서, 446면.
33. Sigman M. E. , "Detection limits for GC/MS analysis of organic explosives" Journal of Forensic Science, Vol. 46. No.1. 6-11(2001).
34. 국과수 연보 제 35권 '폭발 후 대기중에 존재하는 폭약 성분의 분석에 관한 연구' 309면.
35. 이진훈, 폭약류 분석 방법에 관한 연구, 1985, 32면.
36. 경찰청, 과학수사 길잡이, 2002.12, 124면.
37. <http://www.terrorism.or.kr>
38. A Guide for Explosion and Bombing Scene Investigation, 2000 NCJ.
39. 국과연 연보 제 27호 '폭발물에 의한 자동차 폭발 감정에', 1995, 307-310면.
40. www.nrips.go.jp/org/identification/index.html
41. FBI. FBI Laboratory, 2002, 13-15면.
42. 감사원, 화약류 및 폭발위험물 안전관리 실태, 1988. 6 132-133면.
43. www.atf.go