

# 알기쉬운 군사과학 (XXII)



崔潤大  
 • 육군 제3사관학교 교수  
 • 육군 대령, 공학 박사

## 91. 화포의 포구속도와 사거리 관계

**소**총탄의 총구속도가 야포 포탄의 포구속도보다 빠르는데도 소총탄의 사거리가 야포보다 길지 않은 이유는 무엇일까? 그 이유를 알기 위해서는 '강외탄도학'에 대한 이해가 필요하다.

강외탄도학은 탄자가 포구를 떠나 어떤 매체(대기, 大氣)를 통하여 목표까지 비행하는 동안 탄자의 운동 특성을 연구하는 탄도학의 한 분야이다.

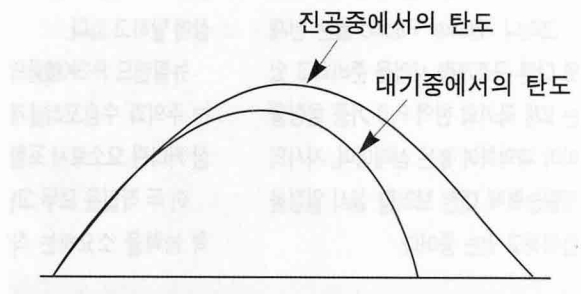
만약 포구를 떠난 탄자가 진공 상태에서 비행한다면 그 탄도는 오직 중력에 의해서만 영향을 받으므로 그림에 보인 바와 같이 탄도가 대칭이 되어 발사각 A와 탄착각 B가 동일할 것이다.

그리고 사거리( $x_R$ )는 중력( $g$ ),

발사각( $\theta$ ), 포구속도( $v_0$ )에 따라서만 결정된다. 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$x_R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

잘 알려진 바와 같이 사거리는 발사각이 45°일 때 최대가 된다. 대기권 밖(진공 상태)을 비행하는 대륙간 탄도탄(ICBM)과 포구속 진공과 대기 중에서 탄도 궤적



### 155밀리 포탄과 7.62밀리 소총탄의 사거리 비교

탄 종	포구속도(m/s)	사거리(진공)	사거리(대기)
155밀리 포탄	700	49km	24km
7.62밀리 소총탄	840	70km	4km

도가 250m/s 이하로 느린 박격포의 경우는 이런 진공탄도와 유사한 탄도를 갖게 된다.

포구를 떠난 탄자가 대기 중을 비행할 때 받는 저항력은 다음과 같은 3가지로 요약된다.

① 탄두에 작용하는 탄두항력, ② 탄자 주위에 작용하는 기저항력, ③ 탄자 표면의 공기에 의해 생기는 마찰항력을 받게 된다.

이들의 크기는 탄자의 속도에 따라 달라진다. 포사체가 포구를 떠나 포탄의 속도가 빠르면 빠를수록 충격파가 탄자의 윤곽에 따라 발생하게 되며, 음속의 5배 이상의 속도에서는 탄자의 윤곽과 거의 일치한다.

그리고 탄자의 앞부분이 첨예하면 할수록 충격파는 바로 탄자 앞에서 시작되나, 앞부분이 둔탁한 탄자에서는 탄두보다 훨씬 앞에서부터 충격파가 시작된다. 당연히 탄두가 둔탁한 모양을 갖는 탄자는 항력이 더욱 더 크다.

이러한 항력을 줄이기 위해서는 탄두의 윤곽을 둥글게 하고, 탄두를 첨예하게(뾰족하게) 하며, 탄자의 표면을 매끄럽게 제작해야 한다.

일반적으로 포사체의 사거리에 중요한 영향을 미치는 탄도계수( $C_o$ )는 다음과 같이 정의된다.

$$C_o = \frac{m}{k \times d^2}$$

여기서  $m$ 은 탄자의 질량이고,  $k$ 는 탄자의 형상에 관련되는 상수이며,  $d$ 는 탄자의 직경이다.

일반적으로  $C_o$  값이 크면 사거리가 길어지는데, 사거리를 길게 하려면  $m$ 을 크게 하고 나머지 상수들은 작게 해야 한다. 이 식을 이용하여 155밀리 포탄과 7.62밀리 소총탄의 진공 및 대기 중에서 탄도를 계산하여 비교하면 위의 표와 같다.

7.62밀리 소총탄



155밀리 곡사포탄



여기서 우리는 포탄 질량의 영향을 뚜렷이 볼 수 있다. 이것은 마치 크기가 비슷하나 질량이 다른 골프공과 탁구공을 똑같은 힘으로 던졌을 때 골프공이 멀리 날아가는 이치와 같은 상식이 뒷받침해 준다.

## 92. 화약의 발달 역사

**폭주** 발은 매우 빠른 화학반응이며 이때 많은 열과 기체(가스)가 동시에 방출되는 것이 특징이다. 방출되는 기체들은 질소( $N_2$ ), 수증기( $H_2O$ ), 탄산가스( $CO_2$ ) 등이고 이들이 빠르게 팽창하여 약 70만 기압의 거대한 충격파가 발생되어 주변에 있는 물체들이 파괴된다.

앞서 언급한 대로 이 반응은 다른 화학 반응보다 훨씬 빨라 그 속도는 대략  $9km/s$ 에 달한다.

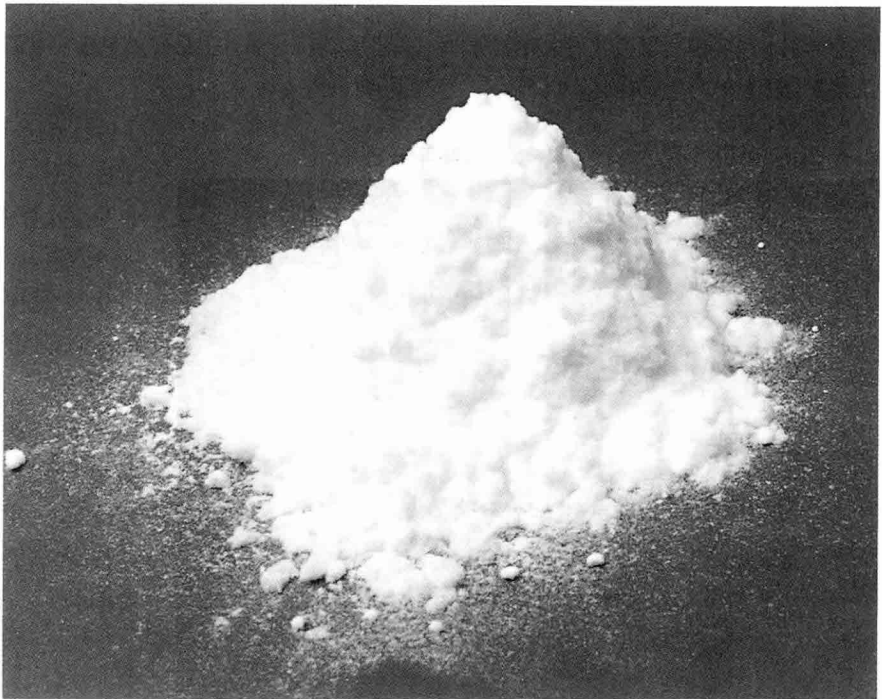
최초의 화약은 유황(S), 목탄(C), 초석( $KNO_3$ )을 혼합하여 만든 흑색화약(black powder)이었다. 이것은 고대 중국에서 제조

되어 다양한 형태로 발전되어 왔으며 18세기에는 전 세계적으로 널리 사용되었다.

유럽에서는 연금술사들에 의해 흑색화약 제조법이 연구되었으나 이 제조법을 다른 사람에게 발설하면 준엄한 종교재판에 회부되곤 하였다.

따라서 영국의 R. Bacon(1214 ~ 1292) 같은 사람은 자신만이 알 수 있는 문서(anagram)로 화약제조에 대한 기록을 남겼다. 그후 1313년 독일의 B. Schwarz에 의해 이 문서가 판독되고 화약제조법이 재발견되어 비로소 대포의 추진장약 생산이 가능하게 되었다.

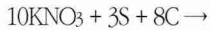
135°C에서 서서히 분해해 180°C 이상에서 폭발하는 니트로 셀룰로오즈



### 용도에 의한 화약의 분류

구 분	예	용 도
추진장약	흑색화약, 무연화약	포탄 발사
	composite 추진제	로켓 추진
폭발작약	피크린산	포탄, 지뢰, 어뢰 등의 작열
	다이ना마이트, 초안폭약	토목공사
점화약	뇌홍, 아지드화 납	추진장약을 점화시킴
전폭약	Tetryl, PETN	폭발작약을 빠른 속도로 폭발시킴

이후 Berthelot는 화약의 완전 연소에 필요한 조건을 생각하게 되었는데, 그에 의하면 완전연소를 위해서는 84%의 초석(KNO<sub>3</sub>, salt paper), 8%의 황(S), 또 다른 8%의 목탄(C)을 혼합하는 것이었다. 이를 화학식으로 표현하면 다음과 같다.



한편 1846년 이탈리아의 Sobrero(1812 ~ 1888)가 질산과 글리세린을 섞어 Nitro glycerine(NG, C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>(ONO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>)을 최초로 제조하였으나 매우 민감한 폭발물이었기 때문에 실용화 되지 못하였다.

그러나 1863년 과학사에서 너무나 유명한 스웨덴의 A. Nobel이 니트로글리세린의 안전한 저장방법과 새로운 기폭방법을 창안하여 다이나마이트를 발명함으로써 현대 화약 개발의 시조가 되었다.

또한 피크린산(picric acid)은 1771년 Woulff에 의해 발견되었으나 폭약으로의 사용은 1885년 Turpin이 기폭방법을 고안하고 부터였고, 뇌홍(수은을 질산으로 용해시키고 에틸 알코올을 넣어서 만든 화합물, Hg(OCN)<sub>2</sub>)은 1800년 Howard에 의해 처음 제조되었으나 1864년 A. Nobel이 민감도를 조절하여 안전한 기폭약으로 사용되게 되었다.

이와 같이 화약은 처음 제조 당시에는 매우

위험한 폭발물이었지만 그 이용방법이 완성되고 안전한 취급방법을 알게 되어 점차 화약으로서의 면모를 갖게 된 것이다.

이러한 화약의 개발은 현대 산업 발전에 기여함과 더불어 전쟁시에는 화약을 이용한 대량 살상무기의 개발로 이어져 왔다. 2차세계대전 후 화약분야의 연구는 저장이 용이하고, 안전하며, 그 위력은 증대되는 방향으로 초점이 맞추어졌다.

즉, 기존의 화약에 새로운 고분자 물질을 첨가하여 특별한 기폭장치외에는 폭발하지 않는 안전화약, 특별용도에만 사용가능한 화약합성과 발파현장에서 직접 제조할 수 있는 화약개발 등으로 그 사용범위가 다양화 되었다.

용도에 따라 화약을 분류하면 ① 탄체를 추진하는 용도로 사용되는 추진장약(추진제), ② 파괴적 용도로 사용되는 폭발작약, ③ 추진장약을 점화시키는데 사용되는 점화약(뇌관), ④ 폭발작약을 '폭굉' 시키는데 사용되는 전폭약(고성능 폭약)으로 구분되며, 위의 표와 같이 분류한다.

여기서 '폭굉'이란 폭발속도가 1,500 ~ 9,000m/s로 매우 빠르며 충격파를 발생시키는 폭발이다. 통상 추진장약의 경우는 폭발속도(연소속도)가 300m/s 이내로 비교적 느리다.

## 93. 전자기파의 대기 투과율

**전** 자기파는 우리 지구를 덮고 있는 대기(大氣)라는 매질을 통하여 송신되고 수신되어진다. 그러나 대기중에는 물방울(H<sub>2</sub>O), 먼지, 산소(O<sub>2</sub>) 및 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 등이 널리 분포되어 있다.

따라서 전자기파가 대기 속을 통과할 때 이들 입자와 상호작용으로 인하여 전자기파의 파장에 따라서 어떤 파장은 대기중에서 쉽게 산란되거나 흡수되어 버리고, 어떤 파장은 쉽게 대기를 통과한다. 다시 말하면 모든 종류의 전자기파가 대기중을 쉽게 통과할 수 없다는 말이다.

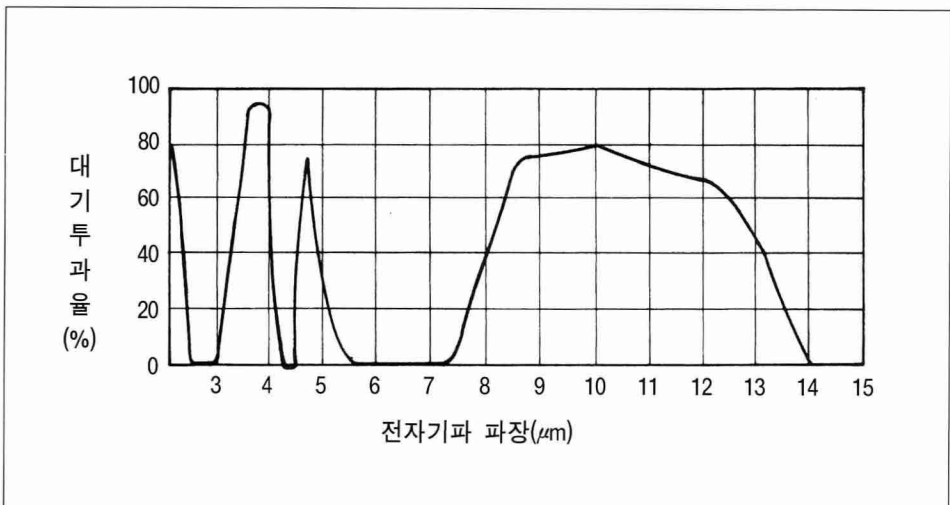
아래 그림은 각 전자기파의 파장별 상대적 투과율(%)을 측정한 그림이다. 그림에서 X축으로는 전자기파의 파장을  $\mu\text{m}$ 단위로 나타냈고, Y축으로는 상대적 투과율을 % 단

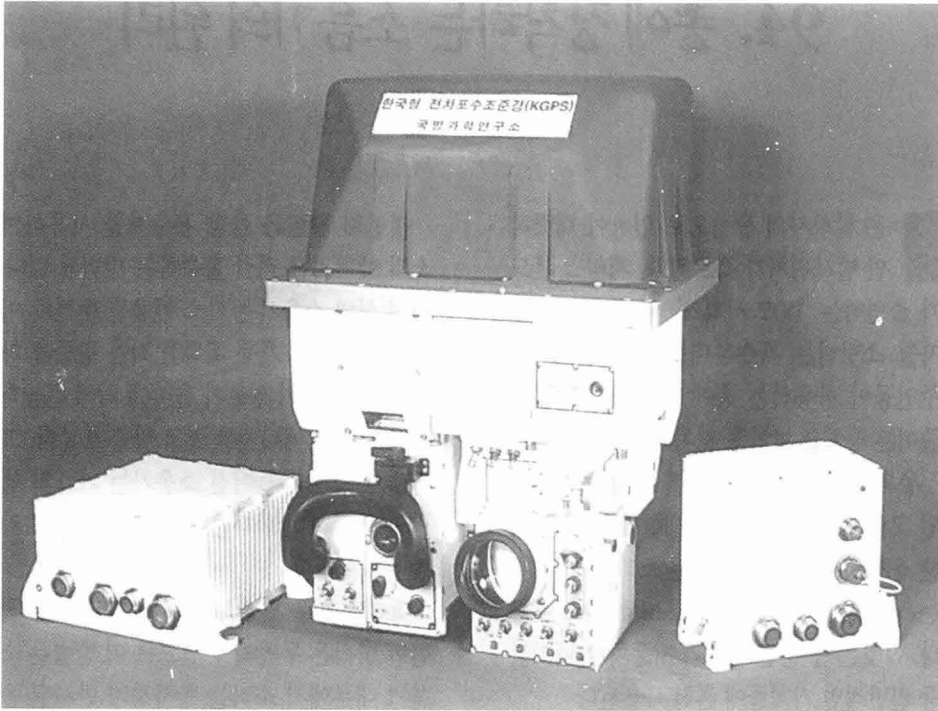
위로 표시하였다. 여기서 흰색 부분이 투과율이 좋은 파장 영역이다. 이들의 모양이 마치 주택의 유리창과 비슷하기 때문에 우리는 이 부분을 '대기의 창(Atmospheric windows)'이라고 부른다.

대부분의 전장 감시 장비들은 전자기파 스펙트럼중 대기투과율이 좋은 '대기의 창' 영역의 주파수 대역을 이용하고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 지구대기에 의하여 전자기파가 흡수되지 않는 대역과 이들 각 대역에서 사용되어지는 전장 감시 장비를 요약하면 다음과 같다. 그외 다른 대역은 대기투과율이 낮아서 군사적으로 가치가 없다.

(1) 가시광선(0.4~0.75 $\mu\text{m}$ ) 대역 : 항공사진, 광학용 카메라

전자파 파장별 상대적 투과율(%)





안개, 연막 등의 전투상황에서도 조준 사격이 가능한 K-1 한국형 전차용 포수조준경

(2) 근적외선(0.75~1.0 $\mu$ m) 대역 : 멀티 스펙트럼 카메라

(3) 중적외선 (3.0~5.0 $\mu$ m)대역 : 열상장비

(4) 원적외선 (8.0~14.0 $\mu$ m) 대역 : 열상장비

(5) 마이크로파(1mm~수m) 대역 : 레이더

K1 전차를 포함한 대부분의 전차에 장착되는 포수조준경(TTS : Tank Thermal Sight)에 사용되고 있는 이산화탄소 레이저(CO<sub>2</sub>)도 레이저 광선의 전자기파 파장이 10.6 $\mu$ m이다.

이 파장은 이미 언급한 바와 같이 대기중에서 흡수되지 않는 원적외선 영역(8.0~14.0 $\mu$ m대역)에 속하는 파장이기 때문에 대기를 쉽게 투과할 수 있다.

예를 들어 15 $\mu$ m의 파장이 나오는 어떤 열상장비를 개발했다 하더라도 이 광선 영역은 대기의 산란이나 흡수현상에 의하여

전파의 투과율이 낮기 때문에 군사장비로서 운용될 수 없다는 점은 그림을 보면서 이해해야 하겠다.

최근 미국에서 개발된 중형 연막 발생장치인 'M58 Wolf'는 이 장비에 의하여 발생된 연막으로 가시광선은 물론 적외선 영역의 광선까지 차단된다. 따라서 적이 대전차 미사일과 같이 레이저로 유도되는 미사일을 사용한다면 그들의 성능을 현저히 감소시키는 특성이 있는 것으로 알려지고 있다.

이제 연막 발생기도 과거의 가시광선을 차단하던 수준에서 벗어나 적외선까지도 차단할 수 있는 기술이 개발된 것이다. 아마 적외선의 파장과 비슷한 크기의 흑연 가루를 전장 지역에 분사하기 때문일 것이다.

전장 감시 분야에서도 실로 창과 방패의 대결이 이루어지고 있는 것이다.

## 94. 총에 장착하는 소음기의 원리

**초** 은 발사시의 총성으로 인하여 대략적인 발사위치가 폭로된다. 제임스 본드가 출연하는 '007 시리즈' 영화나, 테러분자를 소탕하는 특수부대를 다룬 영화에서 주인공이 사용하는 총에 설치되어 총성을 줄이는 장치를 보았을 것이다.

총의 소음은 주로 탄자를 발사하는데 쓰인 고압의 가스 때문에 발생한다. 가스의 빠른 움직임 때문에 발생하는 소리를 줄여 주는 장치를 통틀어 소음기(silencer)라고 부른다. 이것은 총 뿐만 아니라 자동차의 배기관 등 일반적인 기계들에 흔히 사용된다.

기술적인 측면에서 볼 때 총성을 줄일 수 있는 방법은 탄자의 속도를 줄여서 총구로 나오는 배기가스의 속도를 음속인 340m/s 이하로 떨어뜨리는 것이다. 이를 위해 소음기는 다음과 같은 2가지 방법으로 배기가스의 속도를 줄여 소리를 없앤다.

첫번째 방법은 음향 흡수제를 사용하여 소리 에너지를 직접 흡수하는 방법이 있다. 이 방식의 소음기는 가스 배출관 주변에 미세한 섬유질로 가득 채워진 작은 방들을 가지고 있는데, 이 섬유가 음파에 의해 진동하면서 소리의 에너지를 열로 바꾸어 준다. 그런데 이렇게 만들어진 소음기는 가스의 압력이 급격히 변화하는 경우에는 별로 효과적이지 못하다.

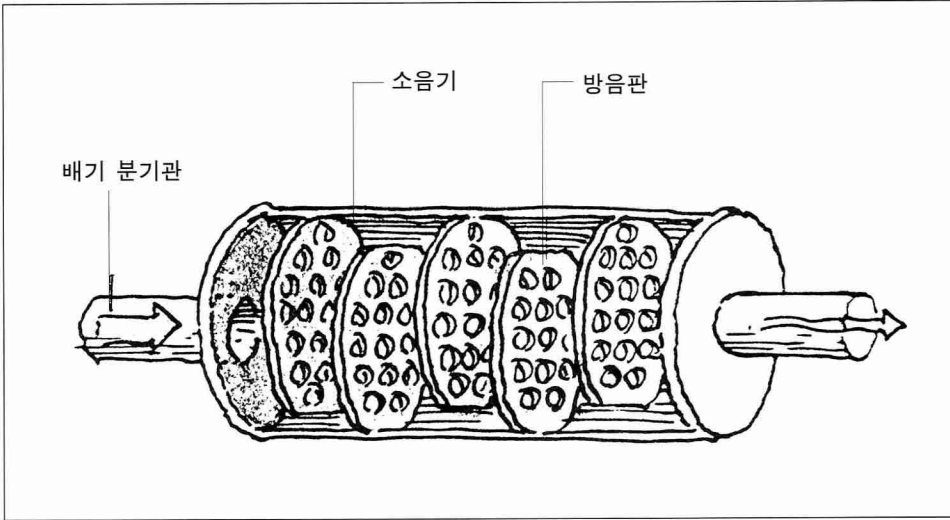
폭발적으로 밀려나오는 고압가스에 적합한 방식은 두번째 방법으로 이 방법은 소음기 내부에서 소리를 반사시켜 반사된 음파와 본래의 음파를 서로 상쇄시켜 주는 것이다.

이 소음기는 음향필터와 공진기 등을 통해 음파를 여러 방향으로 나누어 준다. 이렇게 나뉘어진 음파는 서로 다른 통로를 지나면서 각기 다른 위상을 가지게 된다. 위상이



소음기를 장착한 권총

자동차 머플러(소음기)의 개념도



달라진 음파들이 만나면 서로를 상쇄하게 된다. 이렇게 음파가 상쇄되면서 소리가 줄어들게 되는 것이다.

이러한 소음기를 장착한 총을 예로 들면 아래 사진의 영국 L2A3 기관단총을 볼 수 있다. 이 총에서는 총구를 통하여 축방향으로 나오는 가스의 속도를 줄이기 위해서 총구 앞에 총강이 계속 이어지도록 여러 개의 차폐기(baffle)를 직렬로 연결하였다. 이러한 차폐기도 위에서 설명한 두번째 방법을 이용한 것이다

참고로 총에 사용되는 소음기와 같은 원

리로 작동하는 자동차 머플러(muffler, 또는 소음기)를 생각할 수 있다.

엔진에서 배출되는 배기 가스는 고압상태이기 때문에 그대로 대기 중에 배출하면 굉장한 소음을 낸다. 따라서 위의 그림과 같은 구조를 가진 소음기를 설치한다.

내연기관의 실린더로부터 나오는 가스는 배기 분기관(噴氣, 가스를 분출하는 관)에 모인 뒤 소음기로 보내져서 많은 구멍이 뚫린 금속관이나 판을 통과한다. 이렇게 하면 가스의 압력이 떨어져서 배기가스가 조용하게 배출된다.

영국의 9mm L2A3 기관단총

