

## 열화(劣化) 우라늄과 열화 우라늄탄



崔潤大

- 육군 제3사관학교 기계공학과 교수
- 육군 대령, 공학 박사

‘열화 우라늄이란 무엇인가?’를 알아보기 전에 먼저 우라늄(Uranium, U)이란 원소에 대하여 알아보자.

원소란 한 종류의 원자로만 만들어진 물질, 또는 그 물질의 구성 요소로서 현재까지 106가지 정도가 알려져 있다. 이중 원자번호가 92번인 우라늄까지는 자연에 존재하고 93번부터는 인공적으로만 제조가 가능하다.

원자번호는 각 원소에 부여된 고유 번호인데 원자핵 속의 양성자 개수와 같다. 우리는 원자번호가 93번 이상 되는 원소를 ‘초 우라늄 원소’라고 부른다. 요즘은 문제

되고 있는 플루토늄은 원자번호가 94번이므로 초 우라늄 원소이다.

우라늄은 보통 황화물의 형태로 존재하기 때문에 노란 돌처럼 보인다. 이 때문에 인디언들은 우라늄 원광석을 노란과자(Yellow cake)라고 불렀다. 우라늄은 원자력발전을 위한 핵연료나 원자폭탄의 원료로 사용된다.

열화 우라늄이란 천연 우라늄보다  $^{235}\text{U}$ 의 함유율이 낮은 우라늄을 총칭한다. 원래는 내열 재료로 개발된 물질로서 천연 우라늄을 구성하고 있는 우라늄 동위원소 중 하나이며, 핵무기의 원료가 되는  $^{235}\text{U}$ 를 농축·정제할 때 생기는 부산물, 즉 방사능이 거의 없는  $^{238}\text{U}$ 를 말한다. 여기서 235나 238과 같은 숫자는 질량수로서 원자핵 속에 들어 있는 양성자와 중성자 수의 합이다.

이들 핵자간에는 전하에 관계없이 핵력이라는 매우 강한 상호 인력이 작용하여 결합하는데 원자번호, 즉 양성자의 개수가 증

가하면 양성자간의 전기적 반발력 때문에 불안정하게 되고 경우에 따라 핵이 쪼개져서 더욱 안정한 작은 원자 번호의 핵들로 분열한다.

이것이 핵분열(Nuclear fission)이라는 현상이며 방사능 원소란 핵분열을 일으킬 수 있는 원소를 말한다.  $^{238}\text{U}$ 는  $^{235}\text{U}$ 보다 중성자가 3개 더 많기 때문에 핵력이 더 강하여 그 만큼 더 안정한 것인데 천연 우라늄의 대부분을 이룬다. 예를 들어 1,000파운드의 천연 우라늄을 농축하면  $^{235}\text{U}$ 는 5~6파운드에 불과하고 나머지는 거의 열화 우라늄이다.

여기서 '열화(劣化) 우라늄'이란 질이 나쁜 열등한 우라늄을 뜻하는 말이다. 이 열화 우라늄은 원자로에서 사용한 핵연료나, 우라늄 농축 공장에서 배출된 것들이 대부분이다. 다른 용어로는 減損 우라늄이라고도 한다.

열화 우라늄 탄은 이처럼 쓸모없는 우라늄인 열화 우라늄을 이용해서 만든 탄이다. 이 탄은 일종의 철갑탄으로 장갑 관통력을 증대시키기 위하여 개발되었다. 우라늄은 밀도가  $19.04\text{g/cm}^3$ 나 되기 때문에 매우 무거운 재료(철보다 5배정도 무거움)이다.

이렇게 무거운 재료

이기 때문에 이것으로 탄자를 제작할 경우 탄자의 운동에너지가 매우 커져서 관통력이 증가된다. 또한 우라늄은 반응성이 강하여 이것을 분말 형태로 제조할 경우 공기 중에서 발화하기도 하는 특성을 가지고 있다.

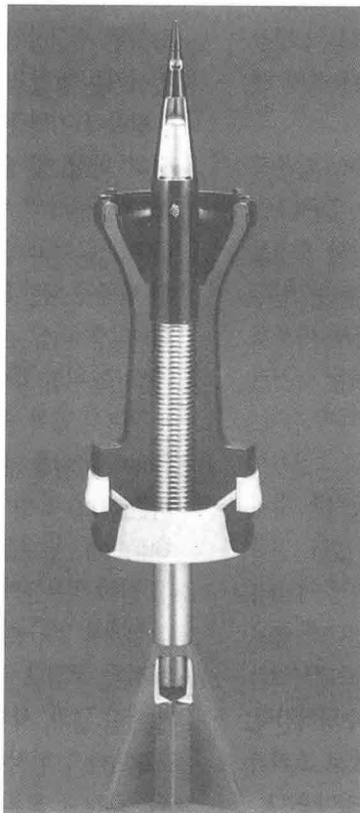
열화 우라늄은 '우라늄'이라고 하니 핵폭발이 일어나는 것으로 알고 있으나 핵폭발은 일어나지 않는다. 이것은 납과 비슷한 독성을 가진 중금속일 뿐이어서 방사선량도 적다.

따라서 열화 우라늄을 사용하여 만든 소총탄의 경우도 두께 50밀리의 장갑을 관통할 수 있는 것으로 알려져 있다. 이것은 탄

착점에서 탄환의 운동에너지가 열에너지로 바뀌면서 순간적으로 발생하는 고열로 장갑을 녹여 관통한 후 폭발함으로써 전차나 장갑차 안에 있는 탄약, 연료 등에 화염이 인화되어 순식간에 타 버리기 때문이다.

열화 우라늄 탄은 1980년대에 미국에서 시험단계를 거친 것으로 알려지고 있으며 현재 실전 배치된 것으로 전해지고 있다. 열화 우라늄 탄을 사용하는 무기는 美 육군의 전차용(M1A1) 120밀리 철갑탄, 105밀리 철갑탄, 공군의 A-10 공격기의 30밀리 기관포탄(GAU-8), 해군의 대함 미사일 요격용 20밀리 기관포탄(CIWS) 등이다.

열화 우라늄이 적용된 105밀리 대전차 APFSDS탄



## 야포의 사거리 연장 방법

야포의 위력은 사거리, 정확도, 탄두 성능에 의하여 결정된다. 한때 야포는 미사일이나 다련장로켓과 같은 신무기의 등장으로 재래식 무기로 인식되던 때가 있었다. 그러나 80년대 이후 꾸준히 성능이 개선되면서 '비용 대 효과' 면에서 중요성이 재인식되고 있다.

최근에는 지능형 포탄(SADARM : 감응식 철갑탄, FASCAM : 지뢰 살포탄, DPICM : 이중목적 개량탄 등)이 개발되면서 표적을 선택적으로 공격할 수 있게 되는 등 탄두 성능은 많이 향상 되었다. 따라서 야포의 위력을 더욱 극대화 하기 위해서는 사거리 연장과 정확도 향상에 관심을 가져야 한다.

야포의 사거리 연장은 P.77 위의 그림에서 보는 것처럼 강내 탄도학적인 방법과 강외 탄도학적인 방법으로 이룩될 수 있다. 전자는 주로 포신을 개량하여 길게 만들거나(장포산화), 추진장약의 성능을 개선하여 높은 에너지를 발생시켜 포구속도를 증대시키는 등 새로운 형태의 포 설계가 요구되어진다. 반면, 후자는 탄 자체만의 개선으로 효과가 달성될 수 있다는 점에서 많은 장점이 있다.

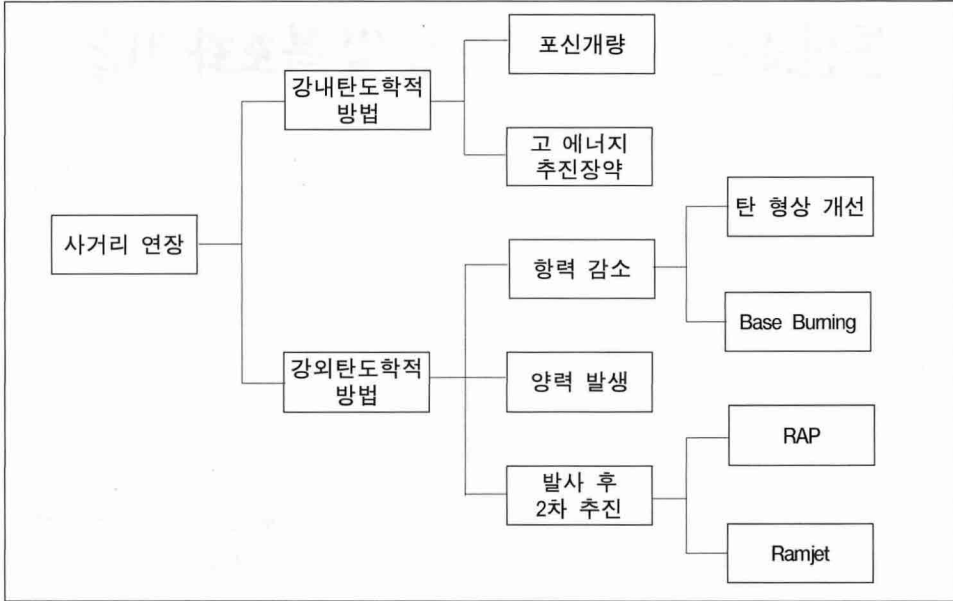
강외 탄도학적 방법에 의한 사거리 연장은 ①공기역학적으로 탄자의 항력을 감소시키는 방법과, ②비행중 탄자에 양력(Lift Force)을 발생시키는 방법, ③발사후 탄에 장착된 추진장치에 의하여 탄자를 2차 추진시키는 방법으로 나눌 수 있다.

탄자가 비행중 받는 항력은 탄자와 공기와의 마찰 및 회전에 의한 Body Drag (20%), 탄자의 형상에 의한 Wave Drag (30%), 그리고 탄자 밑에 형성되는 부분적인 진공에 의한 Base Drag(50%)로 나타난다. 그중 가장 큰 영향을 주는 것이 Base Drag에 의한 항력이다.

따라서 항력 중 가장 큰 부분을 차지하는 Base Drag를 줄이기 위해서는 탄자의 모양(형상)을 유선형으로 개선하거나, 'Base Burning' 원리를 이용하는 항력 감소장치를 탄자 밑부분에 부착한다.

실제로 23구경장 M109(105밀리) 야포로 탄자의 모양을 유선형으로 개조하여 시험 발사한 결과, 사거리가 기존의 14.6km에서 22km까지 현저하게 연장되었음이 알려졌다. 그러나 모든 일에는 양면성이 있어서

### 야포의 사거리 연장 방법



탄자가 유선형으로 날씬해져 사거리가 연장된 반면 탄자에 들어가는 폭발장약의 양이 감소되어 탄자의 위력은 감소되는 단점도 있다.

앞서 언급한 대로 탄자가 고속으로 비행할 때 탄자 밑 부분에 부분적인 진공이 형성되어 항력을 증가시키게 되는데, 'Base Burning' 원리란 이 진공을 없애기 위하여 탄자 밑 부분에 가스 발생기를 부착하여 이 가스로 하여금 탄자 후미의 압력을 높인다는 원리이다.

따라서 이 탄자가 발사되는 모습을 눈여겨 보면 탄자가 비행할 때 꼬리 부분에 길게 화염이 따라가는 모습을 볼 수 있다.

K-9 자주포로 이 탄을 사격한 결과 사거리가 40km까지 연장되는 놀라운 효과를 보였다.

양력발생에 의한 사거리 연장은 탄의 비행방향으로 얼마간의 뜨는각(영각)을 가지

도록 탄에 핀(Fin)을 부착하여 해결한다.

비행하고 있는 탄자에 2차 추진력을 주는 방법은 로켓 보조(RAP) 방법과 램제트(Ramjet) 방법이 있다. 통상 사거리 연장 효과를 극대화하기 위하여 이들 2가지 방법을 동시에 사용하기도 한다.

RAP탄은 탄 후미에 '로켓 모터'라는 장치를 두어 탄자 비행 중 탄을 2차 추진하여 사거리를 연장한다. 이때 추진력은 로켓 모터에 장입된 추진제 연소시 발생한 고온 고압의 가스가 로켓 모터의 노즐을 빠져 나오면서 생긴다.

Ramjet도 RAP와 같은 원리나 로켓 모터의 효율을 높이기 위하여 전투기 엔진으로 사용하는 소형 '터보 제트' 엔진과 유사한 장치가 로켓 모터 대신 장치되어 있다. 따라서 이 탄은 탄자에 여러 가지 부수적인 장치가 추가되어 구조가 복잡하고 값이 비싼 단점이 있다

## 통신보안을 위한 부호화 및 복호화 기술

무선 채널을 이용한 데이터의 전송에 있어서 보안의 유지는 작전 수행과 관련하여 매우 중요한 일이다. 이러한 보안 유지는 상업용 장비에 있어서도 마찬가지로 요구되고 있다.

‘보안을 위한 부호화 및 복호화’ 기술은 데이터의 전송과 관련된 송수신자 이외의 제3자에게 데이터가 도청 혹은 해독되지 않도록 하는 기법이다. 이런 기법은 최초 군사용으로 개발되었으며, 지금도 계속적인 발전을 거듭해 오고 있다.

‘보안을 위한 부호화 및 복호화’ 기술의 가장 기본적인 방법 중 하나는 디지털 논리 게이트중 exclusive-OR 게이트를 이용한 ‘부호화 및 복호화’ 방법일 것이다.

Exclusive-OR의 진리표

입 력		출 력
A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Exclusive-OR 게이트는 아래 표에서 보는 것처럼 2개의 입력이 서로 같으면(0과 0 혹은 1과 1) 논리 0을 출력하고, 반대로 2개의 입력이 서로 다르면(1과 0 혹은 0과 1) 논리 1을 출력하는 기능을 갖는다.

송신 측에서는 우선 전송하고자 하는 원래 데이터(original data)와 코드 키워드(code keyword)에 대해 exclusive-OR 연산(이 연산을 부호로 나타내면  $\oplus$ 이다)을 수행하여 부호화하고, 수신 측에서는 수신된 데이터(transmitted data)와 코드 키워드에 대해 또다시 exclusive-OR 연산을 수행하여 복호화하면 원래 데이터가 얻어진다.

여기서 말하는 코드 키워드란 마치 문을 열 때 사용하는 열쇠(Key)와 같은 역할을 하는 부호로서 사용자가 마음대로 지정할 수 있다.

예를 들어 exclusive-OR 게이트를 이용하여 문자 A를 부호화 및 복호화 해 보도록 하자. 문자 A는 8비트로서 「0100 0001」로 표현된다고 해보자. 만일 코드 키워드를 「1000 1001」이라 하면 exclusive-OR 연

Exclusive-OR 연산을 수행한 데이터

• 부호화	0100	0001	문자 A
	$\oplus$ 1000	1001	코드 키워드
	1100	1000	부호화된 데이터
• 복호화	1100	1000	수신된 데이터
	$\oplus$ 1000	1001	코드 키워드
	0100	0001	복호화된 데이터 (= 문자 A)

산 수행후 부호화된 데이터와 또다시 exclusive-OR 연산을 수행한 데이터는 위의 표와 같다.

이러한 방법에서 원래 전송하고자 하는 데이터는 문자 A로 「0100 0001」의 형태를 가졌으나, 채널을 통해 전송되는 부호화된 데이터는 「1100 1000」이기 때문에, 제3자가 이를 도청한다 할지라도 이 내용이 실제 문자 A라는 것을 추측해 내기란 어려운 것이다(암호 해독 전문가들에게는 매우 어려운 것은 아니다).

여기서는 설명의 편의성을 위하여 간단한 코드 키워드를 사용했지만, 좀 더 복잡한 코드 키워드를 이용하면 도청 및 해독을 더 어렵게 할 수 있다.

의사 무작위(pseudo-random)식 키워드는 랜덤의 형태로 형성되는 수의 순차(sequence)로서 이루어진다. 실제 송수신측에서는 이런 수를 발생시키는 '의사 무작위 패턴 발생기(pseudo-random pattern generator)'를 보유함으로써 여기서 발생된 수를 키워드로 이용하게 된다. 따라서 이러한 랜덤 형태의 키워드를 사용하게 되면 제3자는 더욱 더 도청이나 데이터 해독이 어려워지게 된다.

이러한 '의사 무작위(pseudo-random)'식 키워드는 제3자의 도청을 제한하는 '주파수 도약(frequency hopping)' 방법과 병행하여 사용되기도 한다. 이렇게 되면 고정된 주파수 대역으로 송수신하는 기존의 방식과는 달리 데이터 전송간 제한된 주파수 대역 사이에서 일정시간 단위로 계속적인 도약을 수행한다.

이때 다음으로 도약하게 될 주파수 대역은 의사 무작위 방법으로 결정되기 때문에, 제3자는 도청을 할 수 없게 된다.

현재 우리 군이 사용하고 있는 PRC-999K 무전기는 주파수 도약(frequency hopping) 방식을 채택하고 있으며, 주파수 도약방식으로 통화시에는 1초에 약 100회 정도 주파수를 빠르게 무작위로 도약시킴으로써 적으로부터의 도청과 전파방해에 대비하고 있다.

따라서 우군끼리 주파수 도약형 무전기를 이용한 송수신이 가능하기 위해서는 이러한 도약정보가 상호 동일해야만 한다. 만일 적이 우군 무전기의 도약 정보를 습득하였을 경우를 고려, 도약방식 운용을 위한 코드, 도약 주파수 등의 정보는 일정 주기를 가지고 계속 변경되고 있다.

## 전장 정보 수집을 위한 센서 활용

**전**장에서 감시활동에 활용될 수 있는 센서로서는 P.81 위의 그림과 같은 각종 소형 탐지기들이 있다. 전자부품이 소형화됨에 따라 표적에서 나오는 광(光), 진동, 열, 전자기파, 음파 등을 감지하는 각종 감지센서들이 동시에 다수 이용될 수 있다.

최근에는 압력, 가스, 습도 등의 물리·화학적인 양이나 상태를 감지해서 전기신호로 출력하는 센서가 추가로 개발되고 있다.

그림에서 보는 바와 같이 각종 센서들이 감지하는 신호원(source)은 전자기신호, 음향신호, 자기신호, 정전기 신호, 압력신호 등이 있으며 이들은 전장에서 운용되고 있는 각종 장비들로부터 발산되어 나온다.

이들 신호를 감지하는 센서들은 주변의 여러 가지 물리현상의 변화를 감지하여 이를 다시 전자기 신호로 변환하여 아군에게 송신한다.

첫째, 전자기 신호 센서는 근본적으로 안테나와 같은 원리로 작동된다. 시간에 따라 변화하는 전류나 전기 불꽃 등은 전자기파를 발생시키는데, 이것이 빛의 속도로 사방으로 퍼져나가 안테나에 도달된다. 그러면 안테나에 미세한 전류가 발생되기 때문에 이것으로 신호원의 위치나 신호원의 특성

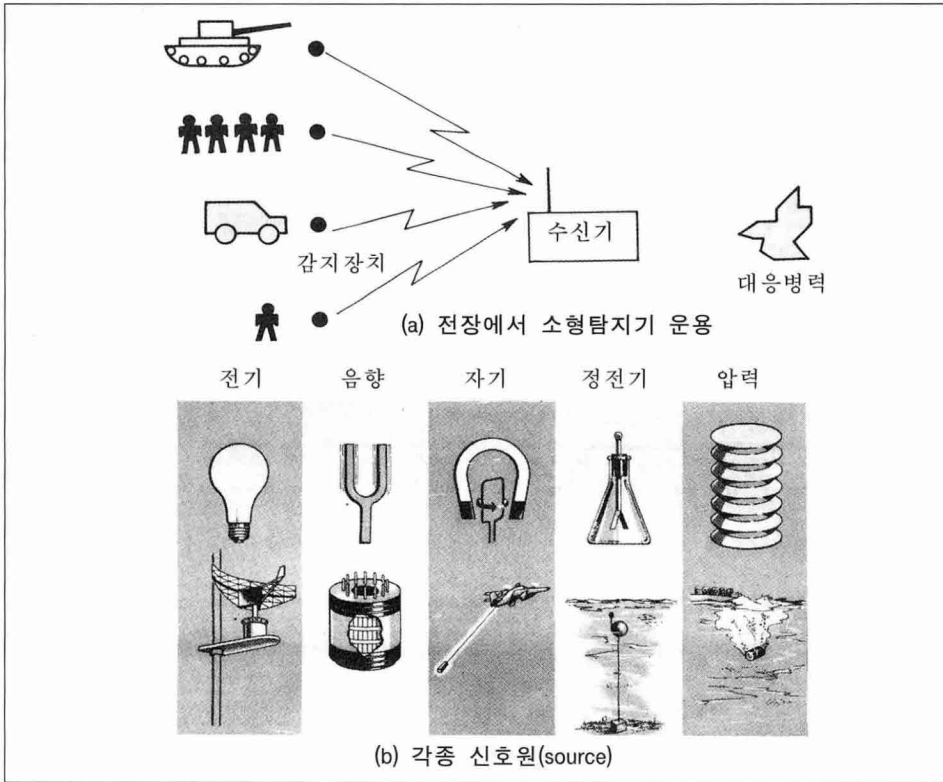
을 역추적할 수 있다.

둘째, 음향 신호는 물체로부터 발생된 음파로서 매질의 구성입자가 평형점을 중심으로 진동하는 현상이다. 따라서 이것을 감지하기 위해서는 그런 진동에 맞추어 직접 같은 진동을 할 수 있는 재질을 이용하거나, 진동을 다른 신호(전기적 신호)로 바꾸어주는 소자(압전소자 등)를 이용하기도 한다. 이러한 진동 감지 센서는 차량이나 인원의 이동 등에 대한 유용한 정보를 우군측에 줄 수 있으며 잡음은 전자회로를 이용하여 제거해 낼 수 있다.

기타 앞에 열거한 여러 가지 형태의 센서도 같은 원리로 불필요한 신호는 제거해 내고 필요한 신호만 수신기를 통하여 운용자에게 전달되어 대응병력이 신속하게 대응할 수 있도록 체계화 되어야 하겠다.

마지막으로 압력센서의 예를 한가지 들어 보겠다. 지표파 탐지 센서가 그 예인데, 이것은 발자국 소리 또는 차량 이동시 발생하는 지표의 미세한 섭동을 탐지하는 센서이다. 문제는 여러 가지 잡음속에서 군사적으로 의미가 있는 신호만을 분리 해내는 일인데, 이를 위해 필터링(Filtering) 기술이 적용된다. 전차에 의해서 발생하는 지표파

전장 정보 수집을 위한 각종 센서



의 특성을 다른 파와 비교하여 불필요한 파를 제거해 내는 것이다.

미국의 경우 최근 화학작용제의 오염여부를 탐지하여 경고할 수 있는 'ACADA'라고 하는 장치를 기존의 M8AI과 대체하여 전력화 하였다. 기존의 M8AI 탐지장치는 '습식법'을 적용하여, 탐지하고자 하는 화학작용제와 시약이 반응할 때 나타나는 색변화를 가지고 오염여부를 탐지하였다. 그러나 새롭게 전력화한 ACADA는 건식법을 사용하기 때문에 별도로 시약을 준비할 필요가 없어 반 영구적인 것이 특징이다.

장차전은 전장감시체계, 타격체계, 지원체계 등이 혼합된 복합적인 전투가 될 것이며 전장의 확대는 물론 전선과 후방이 동시

에 전장화 되는 전투가 이루어질 것이다. 이러한 복합적인 전장환경에서 전장관리자들은 장비의 동작원리를 과학적이고 체계적으로 이해하여 장비의 능력을 극대화시킬 수 있어야 하고 취약점은 보완하여 필요시 대응방안을 강구할 수 있어야 한다.

최근 기계 및 전자공학의 급속한 발달로 인하여 각종 전장감시와 표적 획득 장비 등의 개발이 급속도로 진전되고 있으며 크기도 소형화 되고 있다. 또한 전략 전술적으로 중요한 지역에는 최신무기가 집결되어 운용될 것이므로 전장감시장비 등과 같은 정보자산의 통합운용 및 지휘, 통제 및 통신 체계의 확립이 전승의 필수요건이 될 것이다.