2020년 연구보고서

산탄의 특성 조사 및 성능 평가 결과 고찰

화약안전처

총포화약안전기술협회

2020년 12월

<제목 차례>

1. 서론 ····· 2

2. 산탄 ····· 3

가. 산탄의 구조 ····· 3

나. 게이지(gauge) ····· 4

다. 길이(inch) ····· 5

라. 화약량(DREQ(dram equivalent)) ····· 5

마. 용도에 따른 산탄 ····· 7

바. 산탄의 고유 특성 ····· 9

사. 산탄의 패턴에 영향을 미치는 외부인자 ····· 10

3. 실험 준비 및 방법 ····· 13

가. 산탄 ····· 13

나. 쵸크 ····· 14

다. 표적(target) ····· 15

라. 초고속카메라 ····· 18

4. 관통력 평가 ····· 19

가. 관통력 평가 – 파라핀 왁스 ····· 19

나. 관통력 평가 – 합판 ····· 21

5. 분포도 평가 ····· 23

가. 호수(탄알 수)에 따른 분포도 ····· 23

나. 쵸크 적용여부에 따른 분포도 평가 ····· 28

6. 탄속 평가 ····· 33

가. 탄속 변화 거동에 따른 관통력 평가 – 종이(A4) ····· 33

나. 거리에 따른 탄속 변화 및 쵸크가 탄속에 미치는 영향 평가 ····· 35

7. 결 론 ····· 36

8. 출 처 ····· 37

1. 서론

국내는 다른 선진국에 비해서 총기사용 규제가 높은 편이다. 그래서 총기를 사용해볼 수 있는 기회는 스포츠사격장을 방문하여 레져로 즐기는 것과 여러 절차의 기관 허가를 받아 개인적으로 수렵활동을 하는 것이 일반적이다. 그리고 수렵활동을 위해서는 총포화약안전기술협회 등에서 주관하는 안전교육을 필히 이수를 한 자만이 가능하다. 이와 같이 복잡한 절차가 있음에도 적지 않은 수렵인들이 수렵활동을 하고 있어, 국내의 엄격한 총기사용 규제에도 불구하고 많은 관심을 가지고 있다는 것을 알 수 있다.

이에 국내 유일 총포화약 전문기관인 총포화약안전기술협회는 수렵인들의 안전과 수준 높은 수렵활동을 도모하기 위한 교육자료를 만들어 올바르고 건전한 수렵활동을 하는데 도움을 주고자 한다.

허나 세계적으로 단탄에 대한 실험 사례에 비해 산탄에 관한 실험 사례가 현저하게 부족하여, 문헌 등 자료 조사만으로는 안전교육자료를 만드는데 어려움이 있다. 이러한 문제를 계기로 직접 국내에서 유통되는 산탄을 이용한 성능실험을 진행하고, 데이터 축적을 통해 교육자료를 만들 계획을 수립하였다. 허나 산탄은 성능에 영향을 미치는 인자가 단탄보다 다양하기 때문에 한 번의 실험으로 산탄의 성능을 완벽하게 파악하기에는 어렵다.

따라서 이번 실험은 실험조건을 단순화하여 산탄의 기본적인 특성을 파악하고, 추후 시험방향 설정을 위한 산탄 성능 기초 자료 획득을 목적으로 계획을 수립·진행하였다.

2. 산탄

가. 산탄의 구조

산탄은 여러 개의 발사체(shot)를 한 번에 발사해서 넓은 공간에 확산시켜 목표에 명중할 확률을 높이는 게 주목적이고 그 구조는 크게 그림 1과 같이 크게 뇌관(primer), 추진제(propellant), 탄알(shot)의 3부분으로 구분할 수 있다.

뇌관(primer)은 내부에 충격에 민감한 물질(기폭약)이 들어있어 엽총의 공이가 뇌관의 중앙부를 타격하면 기폭약이 충격에 반응하고 고온, 고속의 발사에너지를 추진제(발사약)에 전달하여 결과적으로 탄알(shot)이 발사하게 된다. 뇌관의 기폭약으로는 스티판산납(lead typhnate), 테트라센(tetrazene), 질산바륨(barium nitrate), DDNP(diazodinitrophenol) 등이 주로 사용된다.

추진제(발사약)는 폭발이 아닌 빠른 연소로서 고온 고압의 가스를 생성하여 탄자를 추진시키는 것이며 그 종류도 매우 다양하다. 가장 많이 쓰이는 발사약으로는 단연 무연화약의 일종인 니트로셀룰로오스(nitrocellulose)를 꼽을 수 있는데 발사약에 니트로셀룰로오스만 사용된다면 이를 단기 추진제(single based power, SB)라 부르고 여기에 니트로글리세린(nitroglycerine)을 소량 혼합하면 복기 추진제 혹은 2기 추진제(double based power, DB)라고 부른다.

탄알(shot)은 그 재료에 따라 lead shot, steel shot 등으로 구분하며, lead shot은 납과 안티몬의 혼합물을, steel shot은 철을 원료로 하여 고압으로 찍어내는 형태로 만들어지며 환경오염을 고려하여 표면에 코팅처리를 하고 있는 추세이다. 또한 산탄의 원활한 추진을 돕기 위해 shot를 감싸고 있는 와드(wad)는 보통 폴리에틸렌 같은 합성수지로 만들어 산탄이 발사되어 패턴을 흐트러지지 않게 하거나 비행 방향을 일정하게 하여 명중률을 높일 수 있고 산탄들에 의해 총강이 마찰되고 손상되는 것을 방지할 수 있다.

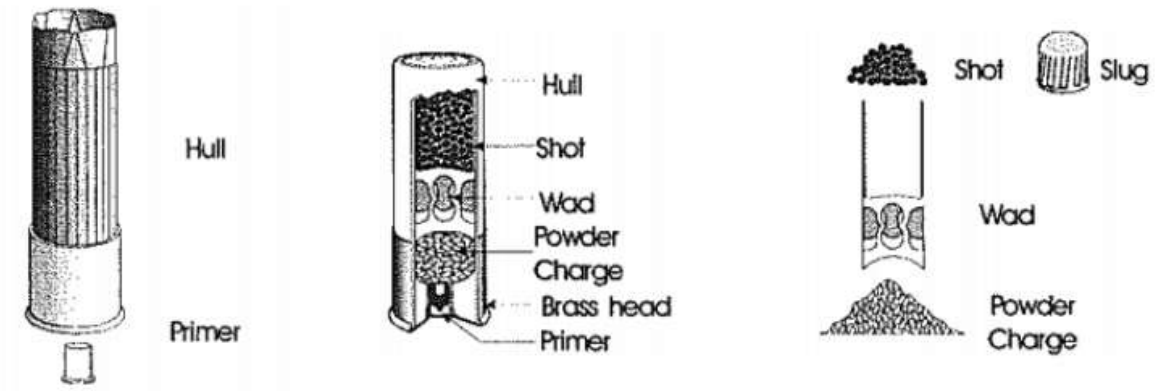


그림 1. 산탄의 구조

나. 게이지(gauge)

산탄의 규격은 주로 구경, 길이 및 중량으로써 표시할 수 있는데 가장 기본이 되는 것이 구경을 표시하는 게이지(Gauge)이다.

게이지란 납 1파운드를 녹여 구형 탄환으로 만들었을 때의 지름으로써, '납 1파운드로 몇 개의 구슬을 만들 수 있는가?' 라는 의미이며 국내에서 주로 사용되는 산탄은 12게이지로서 납 1파운드로 12개의 구형 탄환을 만들 수 있다.

12게이지 외에 대표적인 예로 20게이지, 28게이지와 64게이지의 4종류로 크게 구분할 수 있는데 64게이지는 64게이지라 부르지 않고 보통 인치로 표기해 410번으로 명명한다. 외국의 경우 16게이지를 일부 계층에서 사용하는 경우는 있으나 국내에서 사용빈도는 높지 않으며, 일반적으로 12게이지 구경의 엽총이 경기용, 수렵용을 망라하고 가장 많이 보급, 사용되고 있고 20, 28, 410게이지의 경우는 상기 12게이지에 비해 수입량이나 사용 빈도가 높지 않다(그림 2).

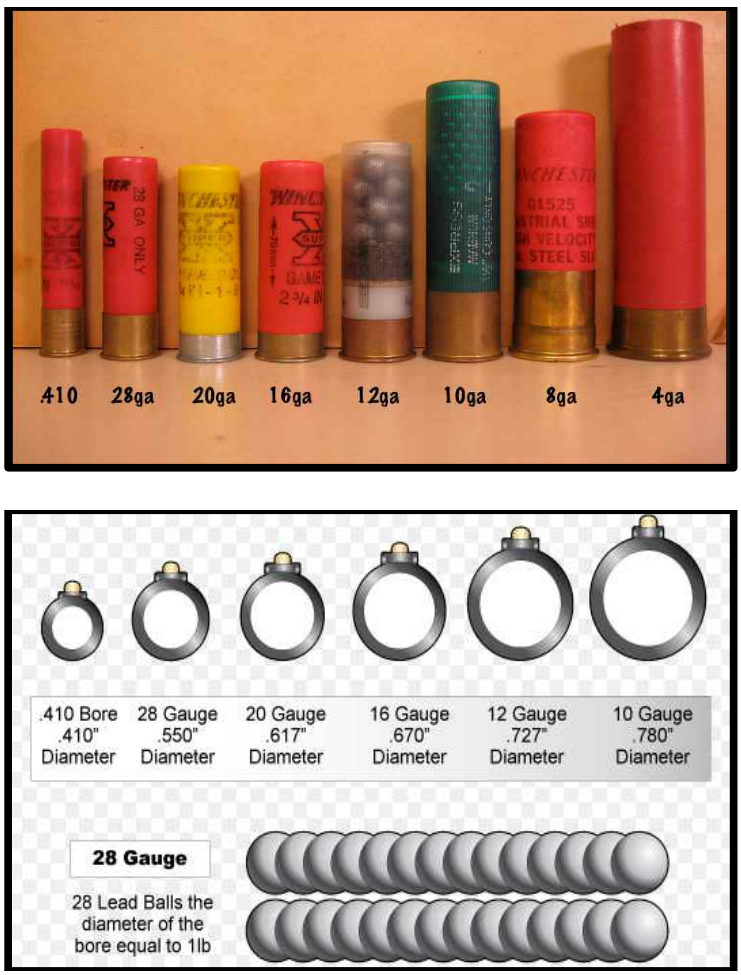


그림 2. 일반적인 산탄의 구경 형태

다. 길이(inch)

그림 3과 같이 산탄의 길이는 일반적으로 인치(inch)로서 2 3/4인치 또는 3인치 등으로 표기되며, 일반적으로 많이 사용되는 2 3/4인치(70mm)는 2.75인치로 3인치(76mm) 매그넘(magnum)산탄과 전체 길이에서 0.25인치만큼 차이가 나고 이 차이만큼 발사약이 더 들어가고 위력면에서 12게이지 3인치가 12게이지 2 3/4인치보다 위력이 강하다는 것을 의미한다.

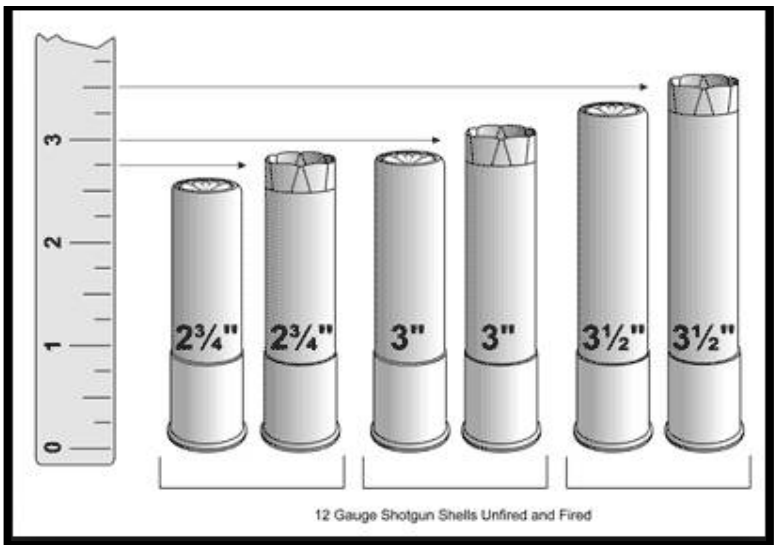


그림 3. 산탄 길이

라. 화약량(DREQ(dram equivalent))

산탄에 내장된 화약량을 일컫는 용어로서 DREQ(dram equivalent)라는 용어가 사용되는 경우가 있는데 이는 온스 단위의 산탄을 추진하는데 어느 정도의 흑색화약이 필요하며, 이에 따라 어느 정도의 속도가 얻어지냐는 이야기이다. Dram이란 무게 단위로 약 1.772g 또는 1/16 온스로서, 만약 12게이지 2 3/4인치 실탄에서 1온스(약 28.35g, 흔히 28g으로 표기됨)의 산탄을 추진시키기 위한 DREQ가 2 3/4라면 이는 2 3/4 dram의 흑색화약(약 4.87g)이 필요하다는 것을 의미하며 근래 흑색화약은 발사약으로 사용되지 않기 때문에 무의미할 수도 있지만 그에 해당하는 강도의 발사약으로 환산할 수도 있다는 것이며 아직까지도 국내로 수입되는 산탄의 속포장(25EA/PACK)에 이를 표기하는 경우가 많다. 수렵용 산탄은 경기용에 비해 그 종류가 많고 규격이 수요자의 요구에 의해 주문 제작되는 경우도 있으므로 다양성 면에서 범위가 넓으며, 표 1과 같이 다양한 제원이 존재한다.

표 1. DRAM Equivalents

Gauge	Shot(Oz.)	Velocity(fps)	Drams Equivalent
10- 3-1/2"	2	1210	4-1/4
10- 3-1/2"	2-1/4	1210	4-1/2
12- 2-3/4"	1	1180	2-3/4
12- 2-3/4"	1	1290	3-1/4
12- 2-3/4"	1-1/8	1145	2-3/4
12- 2-3/4"	1-1/8	1200	3
12- 2-3/4"	1-1/8	1255	3-1/4
12- 2-3/4"	1-1/8	1300	3-1/2
12- 2-3/4"	1-1/4	1220	3-1/4
12- 2-3/4"	1-1/4	1330	3-3/4
12- 2-3/4"	1-1/2	1260	3-3/4
12- 3"	1-3/8	1295	3-3/4
12- 3"	1-5/8	1280	4
12- 3"	1-7/8	1210	4
16- 2-3/4"	1	1165	2-1/2
16- 2-3/4"	1-1/8	1185	2-3/4
16- 2-3/4"	1-1/8	1240	3
16- 2-3/4"	1-1/8	1295	3-1/4
16- 2-3/4"	1-1/4	1260	3-1/4
20- 2-3/4"	7/8	1210	2-1/2
20- 2-3/4"	1	1165	2-1/2
20- 2-3/4"	1	1220	2-3/4
20- 2-3/4"	1-1/8	1175	2-3/4
20- 3"	1-3/16	1195	3-1/2
20- 3"	1-1/4	1185	3
28- 2-3/4"	3/4	1200	2
28- 2-3/4"	3/4	1295	2-1/4

마. 용도에 따른 산탄

경기용으로 사용되는 실탄은 일반적으로 7호, 7.5호(7호반), 8호, 9호, 9.5호(9호반)으로 구분할 수 있고, 7호 및 7.5호는 클레이 사격의 트랩(trap)이나 더블트랩(double trap) 종목에, 9호 및 9.5호는 스키트(skeet) 종목에 주로 사용되며, 실탄의 호수는 숫자가 높을수록 산탄알의 숫자가 많아지고 대신 산탄알의 크기는 적어진다. 반대로 호수의 숫자가 낮을수록 산탄알의 수는 적어지고 크기는 커지게 된다(그림 4(a)).

트랩 경기는 산탄 알의 개수가 약 300 ~ 350개 정도, 무게 24g으로 된 산탄(7호 내지 7.5호)을 발사하여 그림 4(b)의 '피젼'이라는 진흙 등으로 만든 접시(지름 11cm, 두께 2.5~2.6mm, 무게 1055g)를 깨뜨리는 경기이고, 스키트는 약 450 ~ 500개의 산탄 알이 들어있고, 근거리 사격에 맞게 스키트용 총은 총열이 더 짧고, 트랩용 탄보다 더 많은 산탄 알갱이가 들어 있다.



(a) 경기용 실탄 (b) 접시

그림 4. 경기용 실탄과 접시

수렵용 산탄은 조수류를 포획하기 위해서 사용되는 산탄으로써 그 종류가 다양하고 또 제조국인 이태리나 미국의 경우에서 조차 그 규격이나 크기를 나타내는 방식도 차이를 보이고 있다. 수렵용 산탄은 통상 경기용 산탄 보다 큰 산탄 탄알이 사용되어 멧돼지, 고라니 등을 사냥하는데 사용되는 산탄을 주로 통칭하나 경기용 산탄 규격과 같은 크기의 산탄(7호 이상)이 비둘기나 까치등과 같은 유해 조수를 구제하기 위해서 사용되기도 한다. 표 2는 12게이지 산탄을 사용하는 경우에 있어 일반적으로 포획 가능한 매체를 표시고 있다.

표 2 . 12게이지 산탄 별 포획 조수 및 사거리

호 수	탄알 개수	포회가능 조류수	유효사거리(m)	최대도달거리(m)
슬러그	1	멧돼지	100	1000
000BK	8	멧돼지	70	750
00BK	9	멧돼지	60	650
0BK	12	멧돼지, 고라니	60	580
4BK	27	고라니	60	500
BB	60	고라니, 오리	50	360
2호	90	고라니, 오리	50	300
4호	135	꿩	45	250
5호	170	꿩, 멧토끼	45	240
6호	225	꿩, 멧토끼	40	200
7.5호	350	비둘기	40	190
8호	410	비둘기	40	170
구호	585	비둘기	35	160

바. 산탄의 고유 특성

1) 패턴(탄막)

엽총은 다수의 탄알이 발사되어 타켓에 둥근 패턴의 탄착점을 형성한다(그림 5). 국제적으로 통용되는 것으로 40야드(약 36m)거리에서 산탄의 가장 밀도 높은 부분을 30인치(76.2cm)의 원으로 둘러싸고, 그 원안에 들어간 산탄 입자의 개수를 세는 것으로 그 수가 발사한 총 산탄입자 수의 몇 퍼센트(%) 인가를 표현한다.

패턴은 일반적으로 쵸크의 종류와 총열의 길이에 큰 영향을 받으며, 산탄의 위력은 총열보다 패턴에 따라 보다 많이 결정되지만 가장 중요한 것은 총열의 길이와 패턴의 올바른 조합이다.

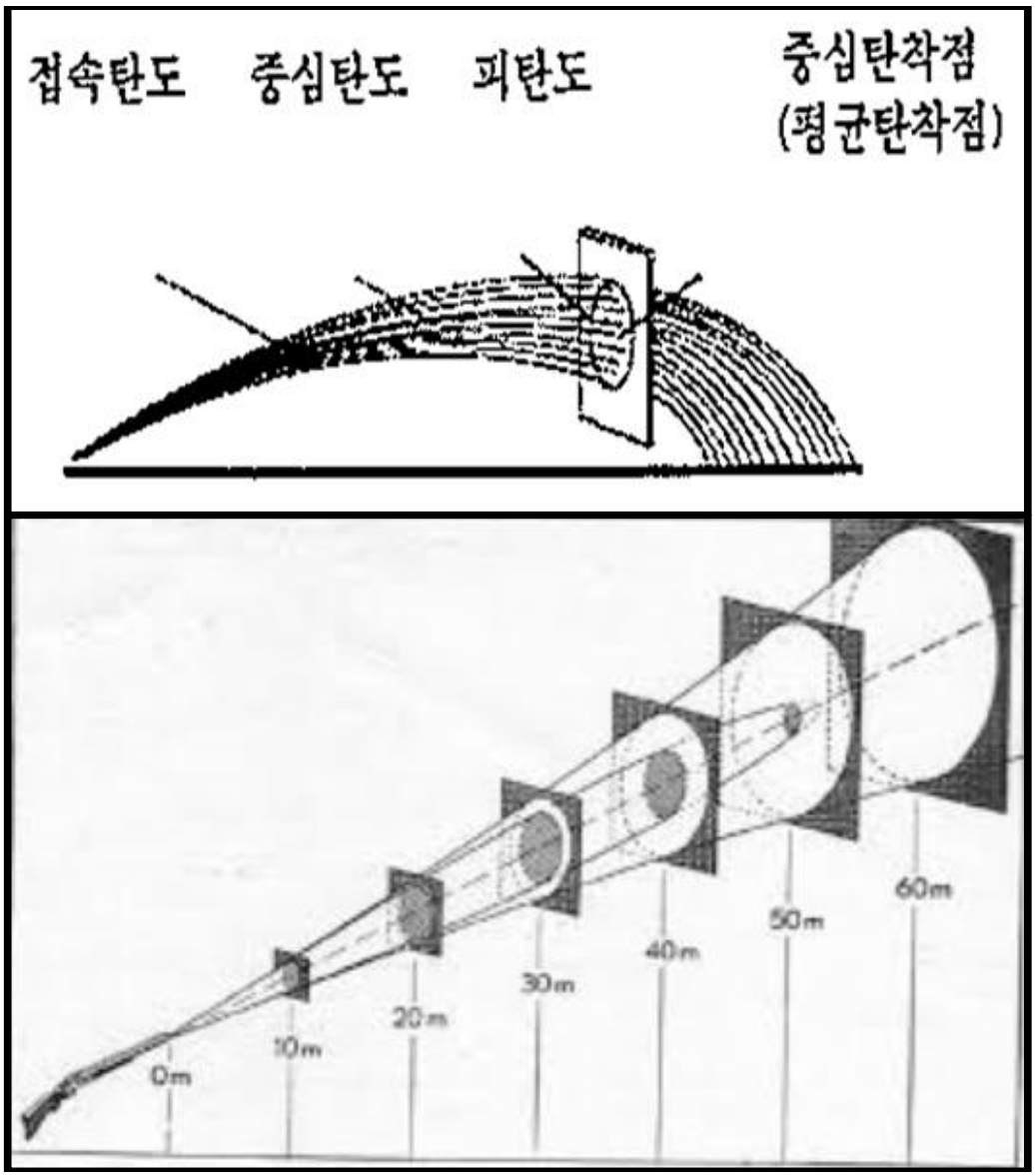


그림 5. 산탄 패턴 모사도

2) 산탄의 비행 – 샷콜론(shot colon)

산탄은 처음에는 작은 덩어리로 날다가 점차 산개하게 된다. 방추형을 형성하며 벌떼처럼 목표물을 향해 날아가는데, 발사된 산탄 중 맨 앞의 탄알과 맨 뒤의 탄알 사이에는 얼마간의 간격이 생기는 바 이 간격을 말한다. 샷 콜론이 길어질수록 패턴은 나빠지며, 샷 클론은 일반적으로 유효사거리 지점에서 1.5~3m 이다(그림 6).

어떤 산탄을 사용해도 샷 콜론은 항상 존재하므로 너무 의식할 필요는 없다. 산탄총은 퍼센티지(%)의 사격이기 때문이다. 실제로 치명상을 입힐 수 있으려면 산탄 4~5개의 탄알이 수렵동물(사냥감)에 명중되어야 한다고 한다.

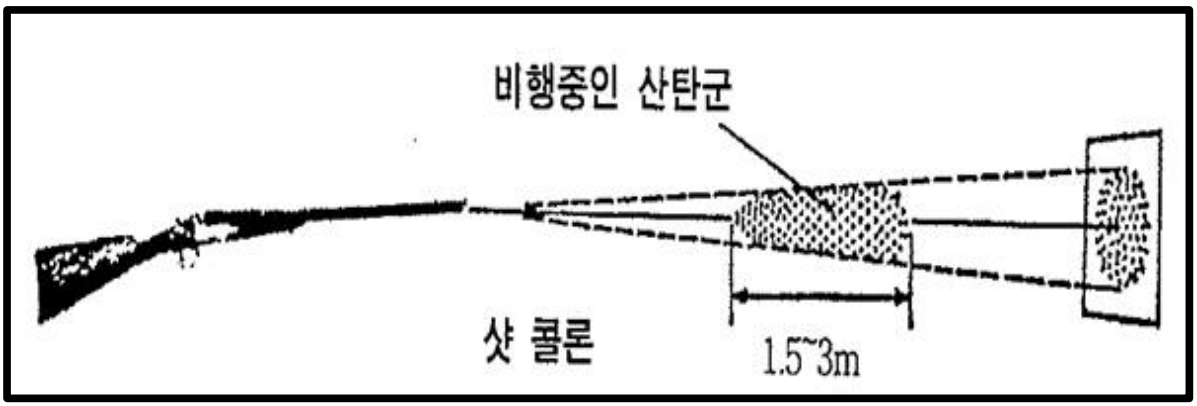


그림6. 샷 콜론 모사도

사. 산탄의 패턴에 영향을 미치는 외부인자

1) 쵸크(choke)

쵸크는 그림 7과 같은 파이프 모양으로 총구 앞에 끼워 산탄의 패턴을 조절하는 장치로서 사용되며 쵸크에 따라 패턴과 탄도에 큰 변화를 줄 수 있다. 즉, 산탄이 발사될 때 산탄이 너무 퍼지는 것을 방지하여 산탄을 집중시키므로 명중률을 높여 주며 산탄의 비행거리를 늘려주는 역할을 한다. 번경이 작은 엽총도 번경이 큰 엽총과 같은 성능을 낼 수 있다(그림 8).

쵸크는 사거리와 사냥감에 따라 적절히 부착하면 사격의 효율을 높여 준다. 강력한 쵸크는 사정거리를 증가시키기 때문에 정확한 조준이 요구된다. '개량실린더형'이라고 부르는 것은 쵸크의 협착도가 0.1mm 이내의 것을 말한다. 1/4 쵸크는 0.2~0.3mm, 1/2 쵸크는 0.4~0.5mm, 3/4 쵸크는 0.6~0.75mm 그리고 완전 쵸크는 0.8~1.2mm다.

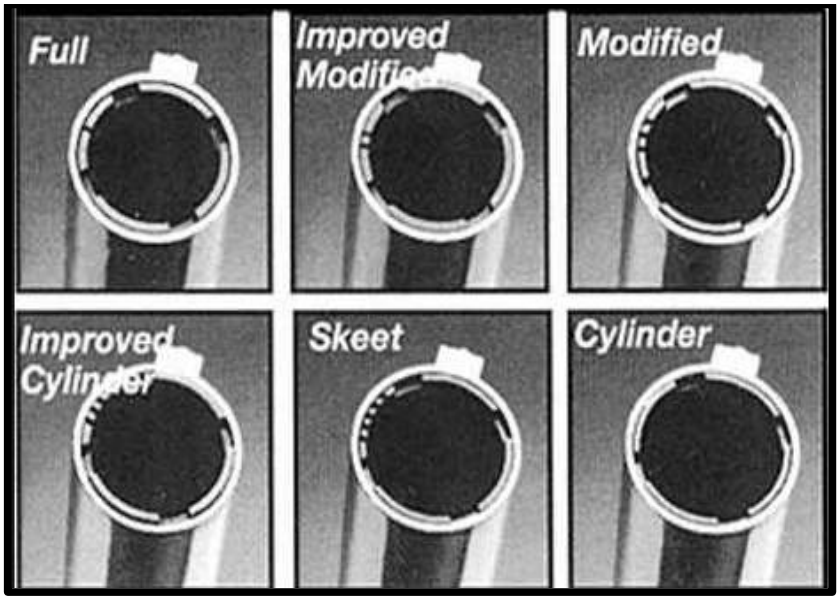


그림 7. 쵸크 형태

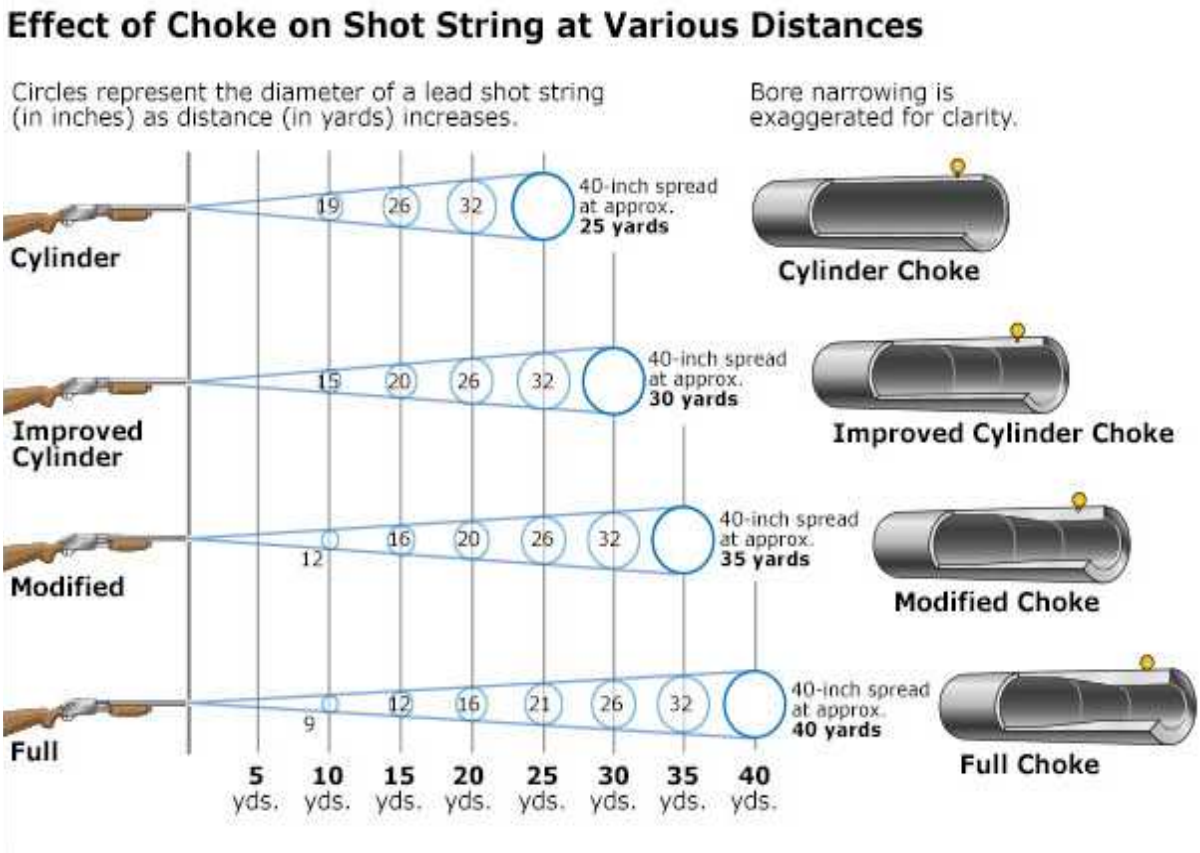


그림 8. 쵸크에 따른 패턴 모사도

2) 총열길이

22～40인치(22, 24, 26, 28, 30, 32, 40)로서 수렵에는 주로 26, 28, 30인치 총열이 사용되고 있고, 26～30인치 총열은 사용 시 넓은 패턴을 형성하나 사거리는 줄어들며, 40인치 총열을 사용하면 그 반대의 현상이 나타난다. 가장 패턴이 좋은 총열의 길이는 30인치(76mm)다. 더구나 쵸크가 있는 경우에는 가장 조밀한 패턴을 보인다. 그러나 수렵인들은 순식간에 거총하고 발사해야 하므로 총열이 긴 것은 오히려 사격의 균형을 잃게 하고 민첩한 대응을 할 수 없게 한다. 또한 정지된 표적물에 사격할 경우라면 패턴이 고른 것이 훨씬 유리하지만 움직이고 있는 표적일 경우 패턴이 고른 것보다 사격을 바르게 하는 것이 더 중요하기 때문에 그다지 넓게 이용되지 않고 있다. 특히 숲속 같은 경우에는 총열이 긴 것은 매우 거추장스럽게 된다. 때문에 숲속에서의 사냥은 짧은 총신을 이용하는 것이 좋다. 총신은 어느 정도까지 짧아질 수 있는지 단정할 수 없으나 현재로서는 22인치까지 사용하고 있다.

3. 실험 준비 및 방법

가. 산탄

1) 4BK

직경이 약 6.10mm로서 이태리 7/0, 프랑스 C4등으로 나타내고 실탄 1발에 최소 2 3/4인치 27개에서 많은 것은 약 41개 정도 산탄이 수납되어있다. 국내 규격 AAA와 직경의 크기에서 유사하다. 일반적으로 상기 4BK~000BK 까지를 BUCK SHOT라 부른다.

이번 실험에 사용한 산탄은 그림 10과 표 3에서 보여지 듯 3인치로 41알이며, 탄알의 직경은 약 6mm이다.

2) 000BK

산탄 탄알의 직경이 약 9.1mm로서, 이 명칭은 주로 미국에서 사용되는 명칭이다. 1개에 내장된 산탄의 탄알 수는 일반적인 규격 2 3/4인치의 경우 8개, 3인치 매그넘탄의 경우는 10개가 내장되어 있고 멧돼지 사냥에 적합한 대구경 산탄으로써 많이 애용되고 있다.

이번 실험에 사용한 산탄은 그림 10과 표 3에서 보여지 듯 3인치로 10알이며, 탄알의 직경은 약 9mm이다.

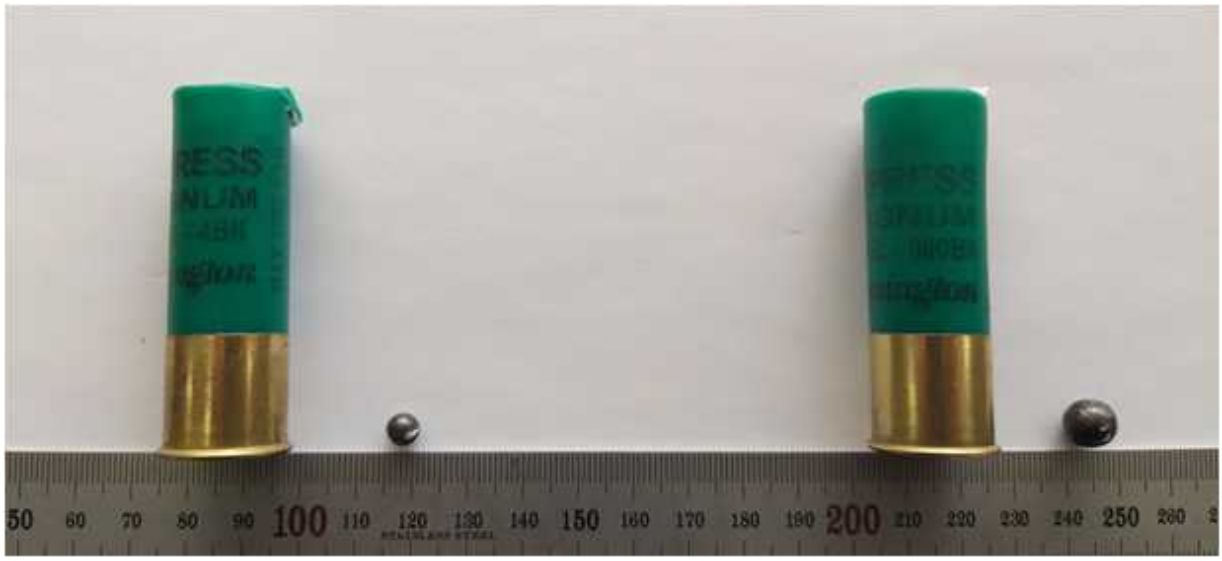


그림 10. 산탄 4BK(좌), 000BK(우)

표 3. 산탄 제원 비교

	4BK	000BK
제조사	Remington(USA)	
길이(inch)	3	
게이지	12	
수렵대상(제조사 기재)	dear	black bear
탄알 수량 (개)	41	10
탄알 크기 (mm)	6	9

나. 쵸크

1) Modified choke

Modified choke는 적절한 분포와 사격의 정확도를 가지기 때문에 '중간초크'라고도 부르며 일반적으로 30~44야드(27.4~40.2m)에서 사격이 적합하며, 협착도의 경우 0.02인치(약 0.5mm)이다.

일반적으로 modified choke 을 사용하였을 때 40야드 거리에서 30인치 원안에 사격을 하였을 때 60%의 탄알이 들어간다(표 4).

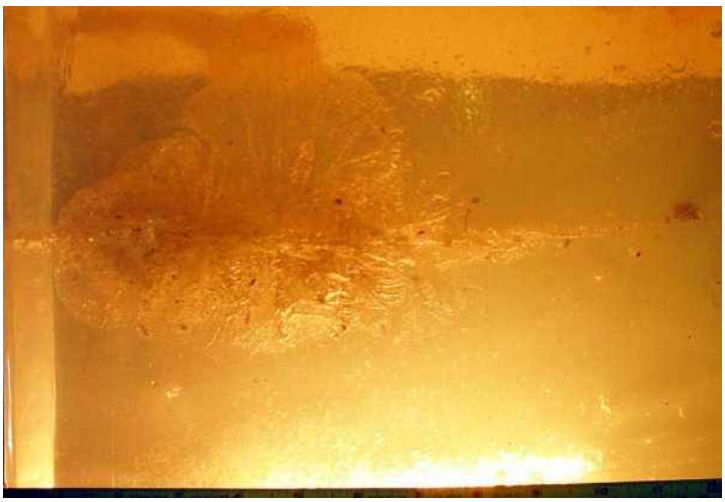
표 4. 쵸크 종류에 따른 분포율 [단위 : %]

Choke	20야드(약 18.3m)	30야드(약 27.4m)	40야드(약 36.6m)
Cylinder	80	60	40
Skeet	92	72	50
Improved Cylinder	100	77	55
Modified	100	83	60
Improved Modified	100	91	65
Full	100	100	70

다. 표적(target)

1) 관통력 평가 (파라핀 왁스)

통상적으로 탄의 관통력 실험으로 많이 사용하는 젤라틴(gellatin)은 투명성으로 단순 관통깊이 뿐만 아니라 관통하는 동안 주변에 미치는 피해를 관찰하기 용이하며, 인체의 물성과 유사하기 때문에 탄도학(ballistics)에서 유용하게 쓰이는 물질이다(그림 12(a)). 하지만 젤라틴의 경우 제조 및 보관 등에 어려움이 있으며, 재사용이 불가능하다는 단점이 있다. 이런 단점을 보완하기 위해 파라핀 왁스를 선정하였다(그림 12(b)). 하지만 파라핀 왁스는 재사용이 가능하나 불투명하기 때문에 젤라틴보다는 탄의 관통력을 자세하게 관찰하기에는 무리가 있다. 따라서 파라핀 왁스를 이용한 관통력평가는 관입깊이만을 고려하여 결과를 측정하였다.



(a) 젤라틴 실험 사진



(b) 파라핀 왁스

그림 12. 관통위력평가 표적매체

2) 분포도 평가 (골판지)

이번 실험에서는 산탄, 쵸크 사용 여부 그리고 발사거리의 조건을 조합하여 크기 1.4m × 1.1m 크기의 골판지에 발사하여, 분포도 변화를 평가하였다.

조건 당(1회 발사 당) 총 5회 발사를 하며, 매 회 발사 시마다, 2장을 겹쳐서 사격을 하였다. 이때 2장 중 1장(적색)은 5회 모두 적용하며, 다른 1장(백색)을 매회 사격마다 교체시킨다.

분포도 평가는 산탄의 5회 평균 분포도가 아닌 5회 발사에 모두 사용되는 골판지(적색 A)의 총 5회의 발사 패턴을 모두 수용하며, 분포도를 종합적으로 관찰한다.

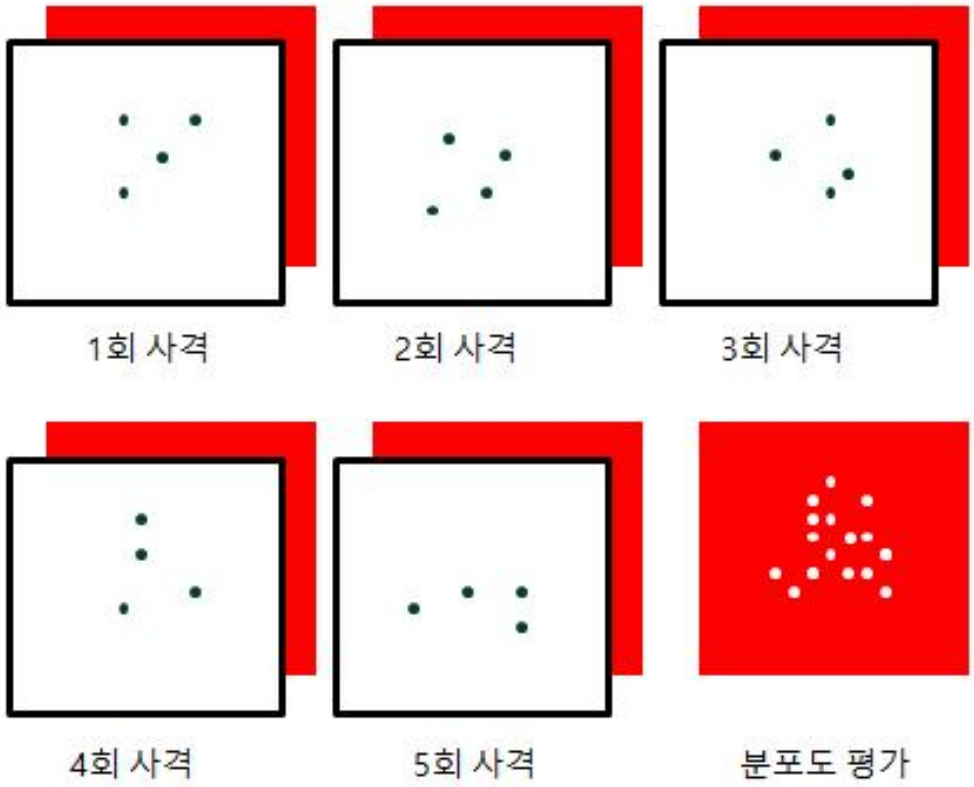
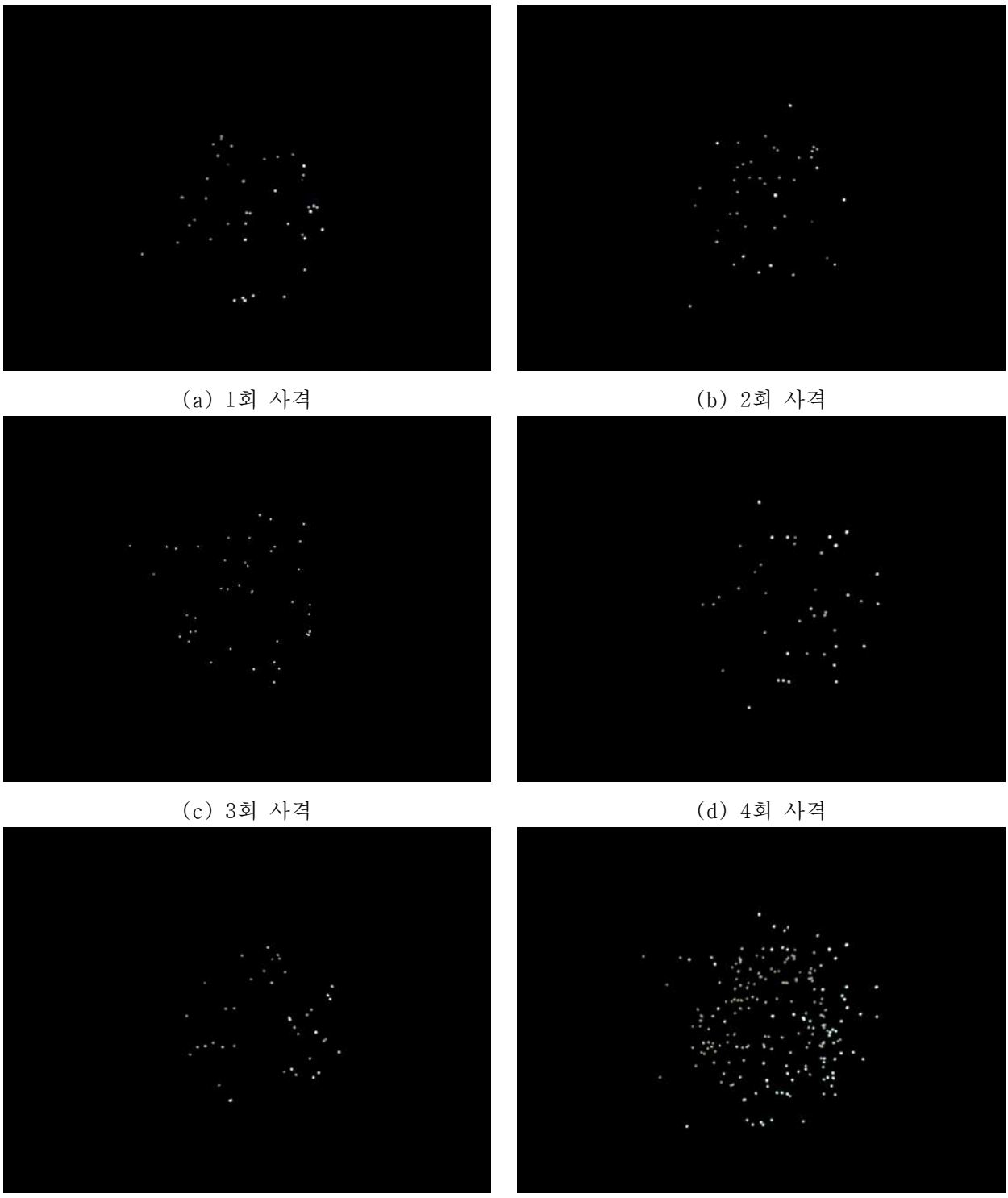


그림 13 . 분포도 평가 모식도



(a) 1회 사격 (b) 2회 사격

(c) 3회 사격 (d) 4회 사격

(e) 5회 사격 (f) 분포도 평가

그림 14 . 분포도 평가 예시

3) 관통력 및 탄속 변화 평가 (합판, 종이(A4))

이번 실험에 사용한 크기의 파라핀 왁스의 경우 일반인들에게는 체감하기 어려움 매체이다. 따라서 일상에서 쉽게 접하기 쉬운 매체인 나무합판과 종이를 표적으로 이용하여 관통력과 탄속 변화 실험을 추가적으로 진행하였다(그림 15).

합판의 경우 관통력 실험만 사용하였으며, 거리와 합판 개수의 조건을 조합하여 실험을 진행하였으며, 종이의 경우 A4용지를 이용하였으며, 거리와 산탄의 종류는 바꾸지 않고, 종이의 수량만을 변화를 주어 관통력과 탄속 변화 실험을 진행하였다.



(a) 합판 (b) 종이(A4)

그림 15 평가용 표적

라. 초고속카메라

총구에서의 속도, 매체 관통 전·후 속도, 쵸크 사용여부에 따른 속도 평가에 사용된 초고속카메라의 제원은 <Sprinter-HD-C & 삼각대/헤드 4,200 장/sec at 1280 × 720(HD)>이며, 렌즈는 <탐론 24-70mm 접사 줌>이다(그림 16).

발사 위치의 90° 측면에서 촬영하여 속도 측정을 진행하였다.



(a) 초고속카메라 (b) 렌즈

그림 16. 탄속 측정 장비

4. 관통력 평가

가. 관통력 평가 – 파라핀 왁스

첫 번째 실험으로는 파라핀 왁스 관통력 평가 실험을 진행하였다. 산탄의 경우 같은 게이지(gauge)의 산탄이라 할지라도 제조사에서는 산탄의 사이즈(호수)에 따라 수렵 가능한 대상이 다르게 기재되어있다. 이러한 차이를 수치적으로 파악하기위해 탄알의 사이즈가 다른 4BK(직경 약 6mm)와 000BK(직경 약 9mm) 2종을 사용하여, 탄알의 사이즈가 관통력에 미치는 영향에 대한 평가를 하였다. 이 때 모든 실험은 총기(VERSA MAX SYNTHETIC)에 modified choke를 사용하여 외부 인자를 동일하게 고정하였고, 발사거리는 10, 20, 40m로 총 세 가지로 설정하여 관통력 평가를 위해서 총 6회 발사실험을 진행하였다(표 5).

관통력 평가는 파라핀왁스의 특성상 단순히 탄알이 표적을 관통한 깊이만으로 진행하였고, 표적에 삽입된 여러 탄알 중 제일 깊게 삽입된 탄알 한 개를 그 산탄의 최대 관통깊이로 선정하여 결과를 비교하였다(그림 17).

표 5. 파라핀왁스를 이용한 관통력 평가 실험 조건표

	산탄	쵸크	거리
내용	4BK	Modified choke	10m
			20m
	000BK		40m

000BK의 경우 10m에서 최대 12.5cm 관통을 하였으며, 20m에서는 11.5cm 그리고 40m에서는 10.5cm 관통을 하였다. 그에 비해 4BK는 6.5cm, 5cm, 4cm로 000BK와의 관통깊이 차이가 확연하게 났다. 동일 거리 기준, 탄알의 사이즈가 더 큰 000BK가 높은 관통깊이가 깊으며, 같은 규격(길이, 약량, 게이지)이라도 탄알의 사이즈가 클수록 관통력이 크게 증가하는 것을 수치적으로 파악할 수 있었다(표 6).

또한 4BK 관통깊이 대비 000BK 관통깊이의 증가율의 경우 90%(10m) → 130%(20m) → 160%(40m)와 같이 발사거리가 증가 할수록 관통력 증가율 격차 커졌다.



(a) 사격 후 사진



(b) 관통깊이 측정

그림 17. 파라핀왁스를 이용한 관통력 평가 실험

표 6. 거리에 따른 관통깊이

거리[m]	4BK 최대 관통깊이[cm]	000BK 최대 관통깊이[cm]	증가율[%]
10	6.5	12.5	90
20	5	11.5	130
40	4	10.5	160

나. 관통력 평가 – 합판

파라핀 왁스 표적으로 확인한 관통력을 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 표적매체와 비교하기위해 합판을 이용한 실험을 진행하였다.

합판 관통실험은 000BK(modified choke 적용)를 이용하여 실험을 진행하였고, 동일한 합판두께(17장)에 거리를 바꿔가면서 총 3회 실험을 진행하였다(표 7). 합판의 경우 17장을 한꺼번에 겹쳐 설치하지 않고, 각 합판사이에 4cm의 일정한 간격을 두어 설치하였다(그림 18).

동일 합판 기준, 30m와 45m는 17장(두께 76.5mm)을 전부 관통하였으나, 60m에서는 13장(52.5mm)만을 관통하였다. 이 결과 45m에서 60m 구간에서 위력이 급감하는 것으로 예측이 된다(표 8).

표 7. 실험 조건표
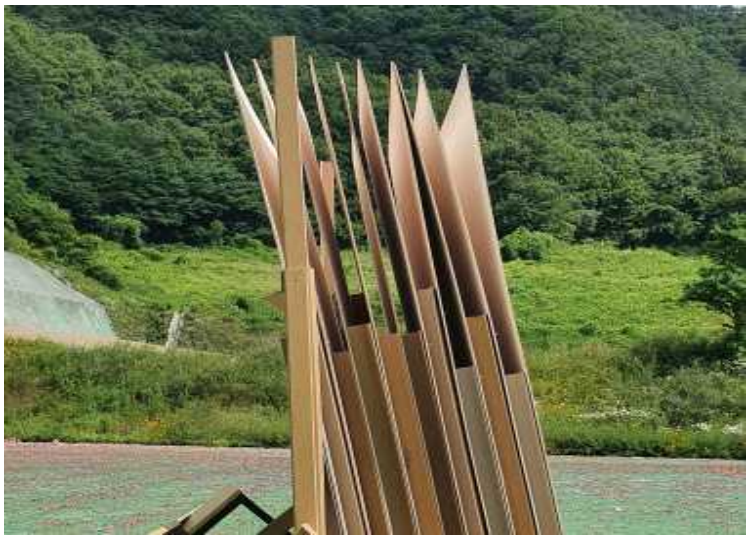
	산탄	쵸크	합판 개수	거리
내용	000BK	Modified choke	17장	30m
				45m
				60m

표 8. 산탄의 합판관통 결과

거리[m]	관통합판		관통여부
	장	두께[mm]	
30	17	76.5	○
45	17	76.5	○
60	13	58.5	×



(a) 합판표적(정면)



(b) 합판표적(측면)



(c) 사격 후 사진

그림 18. 합판 관통력 평가 사진

5. 분포도 평가

가. 호수(탄알 수)에 따른 분포도

통상적으로 산탄의 분포도는 쵸크와 총열길이 같은 외부적인 요인이 크게 영향을 미쳐 변화하는 것으로 알려져 있다. 하지만 실제 사격 시 다른 호의 산탄에 따라 분포도가 변화하기 때문에 이러한 상식에 대한 검증이 필요하다. 따라서 이번 평가는 다양한 조건 중 산탄의 게이지, 길이, 화약량이 같은 상태에서 탄알의 수가 분포도에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험을 진행하였다(그림 19).

본 실험은 산탄 2종(4BK, 000BK), 쵸크 적용(Modified choke), 거리는 10, 20, 40m로 총 6가지 케이스이며, 총 30회 발사실험을 진행하였다(표 9).

표 9. 분포도 평가 실험 조건표

	쵸크	산탄	거리	발사횟수
내용	Modified choke	4BK	10	5
			20	5
			40	5
		000BK	10	5
			20	5
			40	5

분포면적을 계산할 때 40m거리의 경우 골판지 크기보다 넓게 분포하여 골판지에 탄알수의 50%도 들어가지 않아 분포면적을 계산하는데 의미가 없다고 판단하였다. 10m와 20m에서만의 분포면적을 계산하여 표 10~13의 결과를 얻었으며, 그림 20~23과 같이 분포면적을 더욱 쉽게 확인하기 위해서 적색원(직경 30cm), 녹색원(직경 60cm) 그리고 황색원(직경 90cm)을 도시하였다.

동일거리 기준, 4BK의 분포도가 더 넓은 것으로 확인되었으며, 이는 길이, 약량, 게이지가 같은 규격일 때 탄알이 더 많을 경우 넓은 분포도를 보임을 확인할 수 있었다.

또한 거리가 증가할수록 000BK와 4BK의 분포면적의 차이가 증가하였다. 10m의 경우 4BK가 000BK보다 3.6배(약 360%)증가하였으며, 20m에서는 5배(약 500%) 증가하였다.

표 10. 탄알 수에 따른 분포도 변화 (C)

거리[m]	000BK[mm^2]	4BK[mm^2]	증가율[%]
10	7,600	35,000	+360
20	27,000	160,700	+500

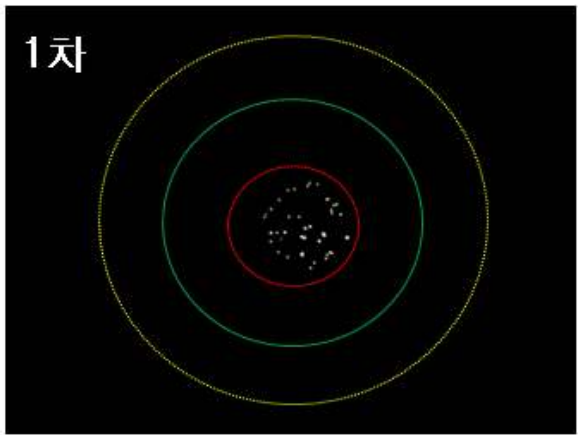


(a) 사격 준비

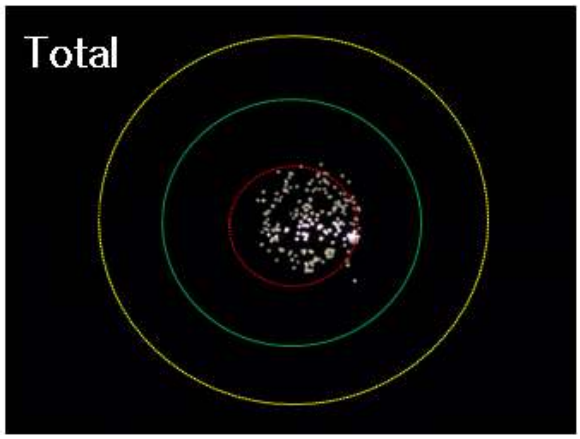


(b) 골판지 표적

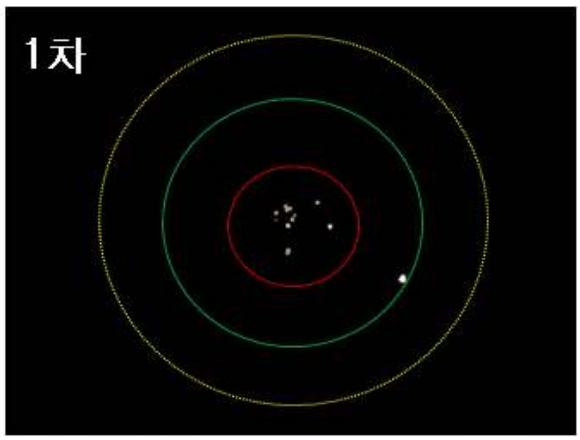
그림 19. 분포도 평가 사격



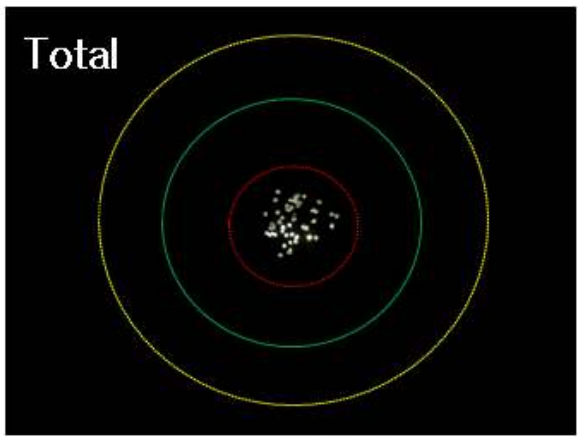
(a) 4BK 1차 사격 분포도



(b) 4BK 종합 분포도



(c) 000BK 1차 사격 분포도

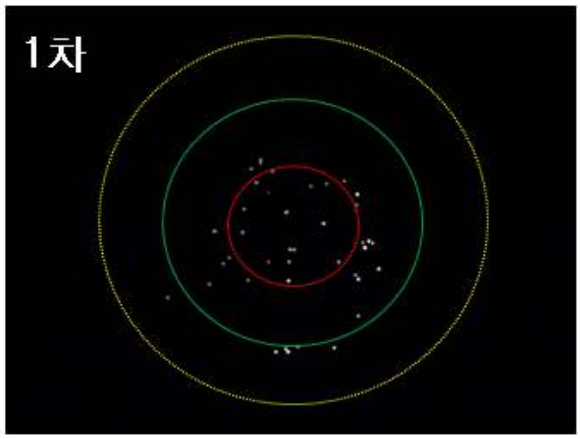


(d) 000BK 종합 분포도

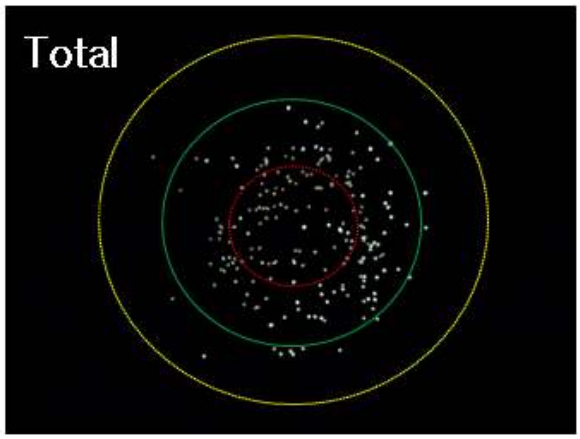
그림 20. 발사거리 10m

표 11. 10m에서의 분포도 [단위 : mm^2]

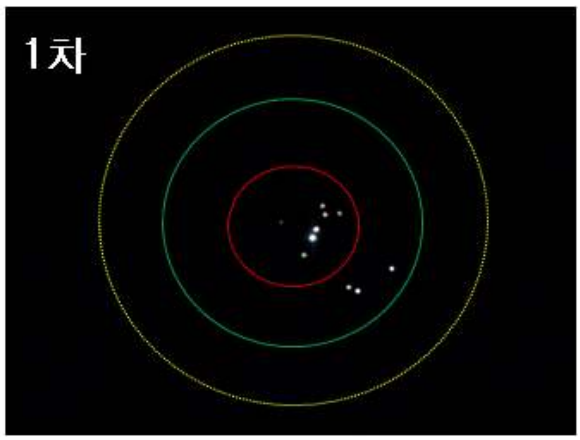
산탄	1차	2차	3차	4차	5차	T	평균
4BK	27,200	33,000	35,800	36,700	42,100	52,600	35,000
000BK	9,400	6,600	5,200	8,900	7,900	16,800	7,600



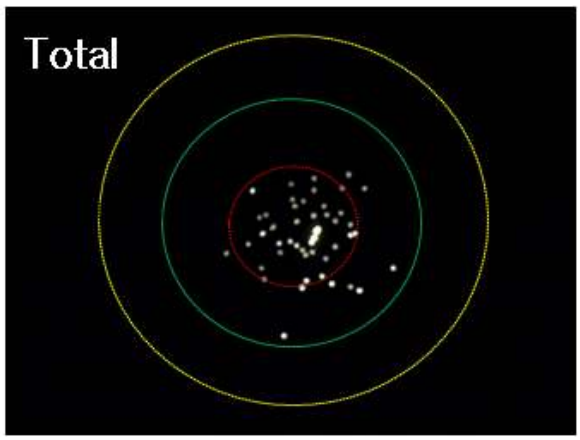
(a) 4BK 1차 사격 분포도



(b) 4BK 종합 분포도



(c) 000BK 1차 사격 분포도

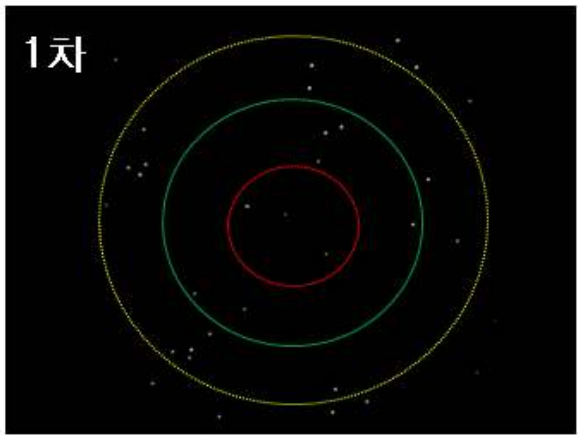


(d) 000BK 종합 분포도

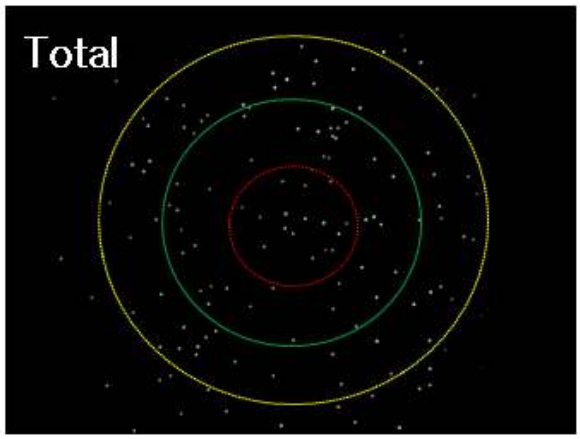
그림 21. 발사거리 20m

표 12. 20m에서의 분포도 [단위 : mm^2]

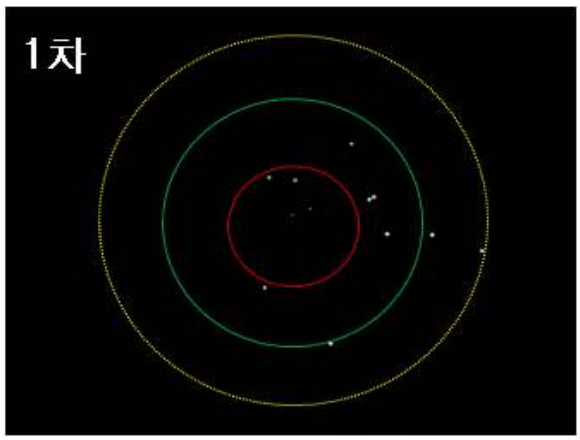
산탄	1차	2차	3차	4차	5차	T	평균
4BK	152,100	164,900	161,100	194,400	130,800	299,100	160,700
000BK	21,800	35,700	26,900	23,900	26,500	99,400	27,000



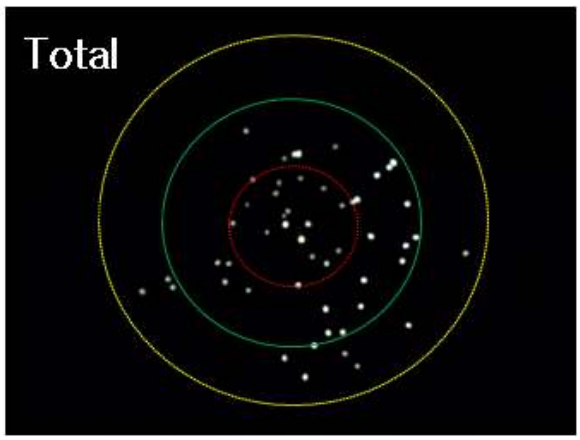
(a) 4BK 1차 사격 분포도



(b) 4BK 종합 분포도



(c) 000BK 1차 사격 분포도



(d) 000BK 종합 분포도

그림 23 발사거리 40m

표 13. 40m에서의 분포도 [단위 : mm^2]

산탄	1차	2차	3차	4차	5차	T	평균
4BK	* 표적범위초과					–	–
000BK	146,800	199,200	112,000	135,600	142,600	283,800	147,200

나. 쵸크 적용여부에 따른 분포도 평가

쵸크는 산탄의 중요한 특성 중 하나인 분포도에 제일 큰 영향을 미친다고 알려져 있지만, 수치적으로 확인하기 어려워 대략적인 결과밖에 확인하지 못하고 있다. 따라서 쵸크가 분포도에 미치는 영향을 수치화하기위한 평가 실험을 진행하였다. 쵸크를 적용하였을 때 분포도는 <호수(탄알 수)에 따른 분포도> 실험에서 측정을 하였기 때문에 이번 실험에서는 모든 조건은 동일하게 적용하고, 쵸크를 적용하지 않았을 때의 분포도를 평가하여 결과를 비교하였다(표 14).

표 14. 분포도 평가 실험 조건표

	쵸크	산탄	거리	발사횟수
내용	×	4BK	10	5
			20	5
			40	5
		000BK	10	5
			20	5
			40	5

이번 실험도 마찬가지로 분포면적을 계산할 때 40m거리는 제외하고, 10m와 20m의 분포면적을 계산하였다(표 15~20, 그림 24~26). 결과는 앞의 실험과 마찬가지로 탄알의 수가 더 많은 4BK의 분포면적이 더 넓은 것으로 확인되었다. 다만 이번실험의 경우 10m에서는 4BK가 000BK보다 3배(약 300%)증가하였으며, 20m에서는 3.7배(약 370%) 증가하여 거리에 따른 분포면적의 차이가 감소하였다. 또한 000BK의 경우 쵸크 적용하지 않았을 때 분포도가 10m에서는 쵸크 적용했을 때의 2.92배(292%), 20m에서는 2.89배(289%) 증가하였고, 4BK의 경우 10m에서는 2.39배(239%), 20m에서는 2.03배(203%) 증가하였다.

표 15. 탄알 수에 따른 분포도 변화 (NC)

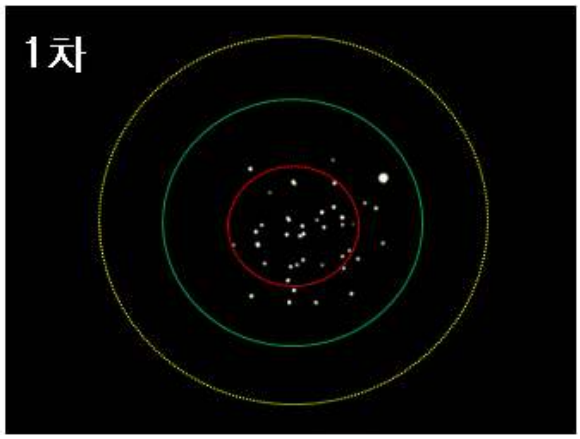
거리[m]	000BK[mm^2]	4BK[mm^2]	증가율[%]
10	29,800	118,700	+300
20	104,900	487,700	+370

표 16. 쵸크 적용 여부에 따른 분포도 변화 (000BK)

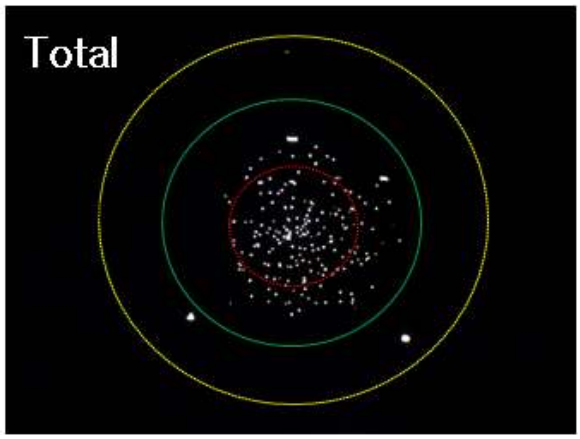
거리[m]	000BK(C)[mm^2]	000BK(NC)[mm^2]	증가율[%]
10	7,600	29,800	292%
20	27,000	104,900	289%

표 17. 쵸크 적용 여부에 따른 분포도 변화 (4BK)

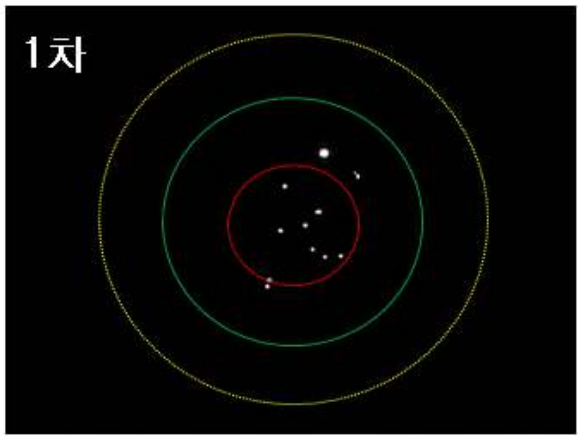
거리[m]	4BK(C)[mm^2]	4BK(NC)[mm^2]	증가율[%]
10	35,000	118,700	239%
20	160,700	487,700	203%



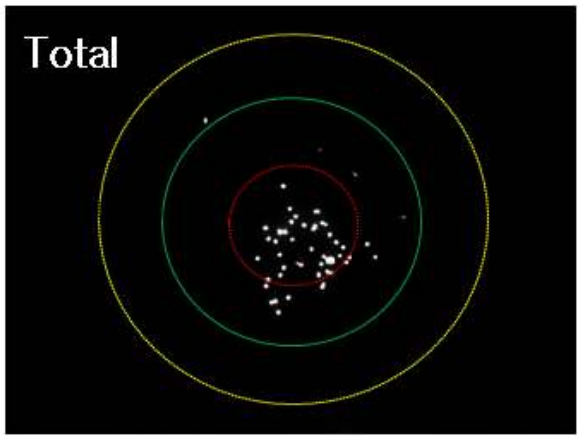
(a) 4BK 1차 사격 분포도



(b) 4BK 종합 분포도



(c) 000BK 1차 사격 분포도

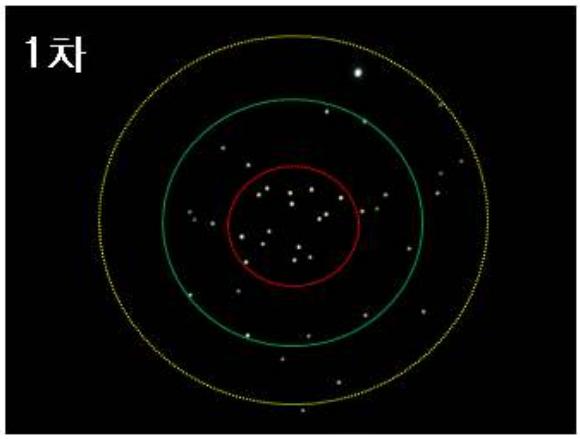


(d) 000BK 종합 분포도

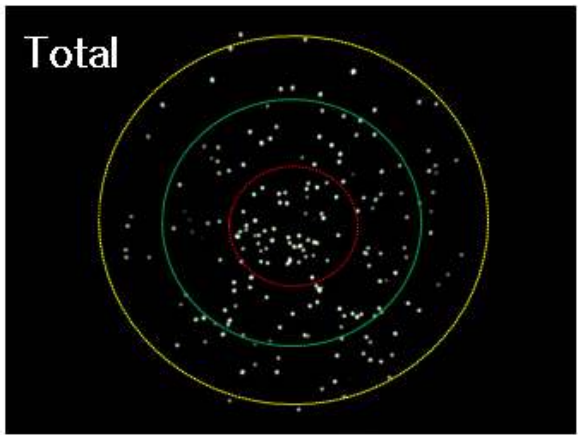
그림 24. 발사거리 10m (NC)

표 18. 10m에서의 분포도(NC) [단위 : mm^2]

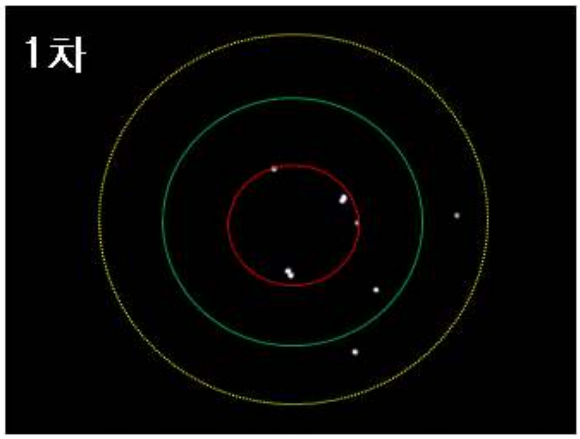
산탄	1차	2차	3차	4차	5차	T	평균
4BK	116,400	111,600	120,800	123,100	121,500	164,200	118,700
000BK	45,500	30,100	20,500	26,600	26,200	75,500	29,800



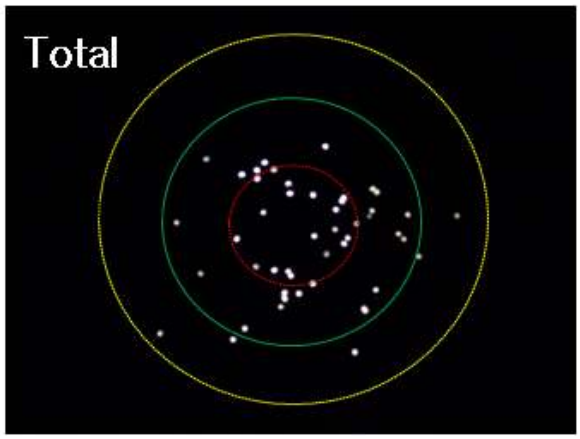
(a) 4BK 1차 사격 분포도



(b) 4BK 종합 분포도



(c) 000BK 1차 사격 분포도

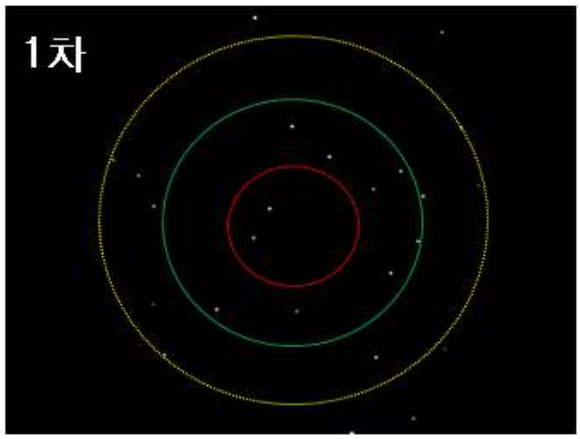


(d) 000BK 종합 분포도

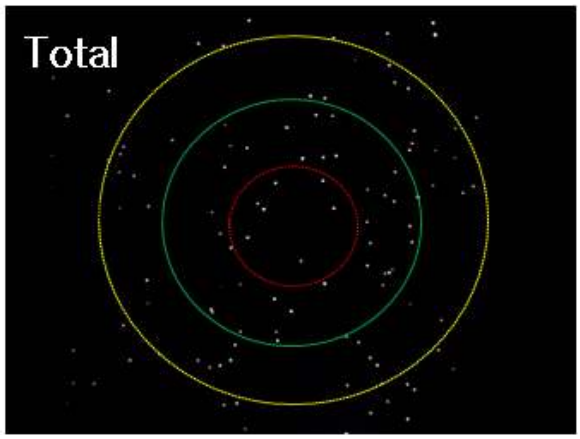
그림 25. 발사거리 20m (NC)

표 19. 20m에서의 분포도(NC) [단위 : mm^2]

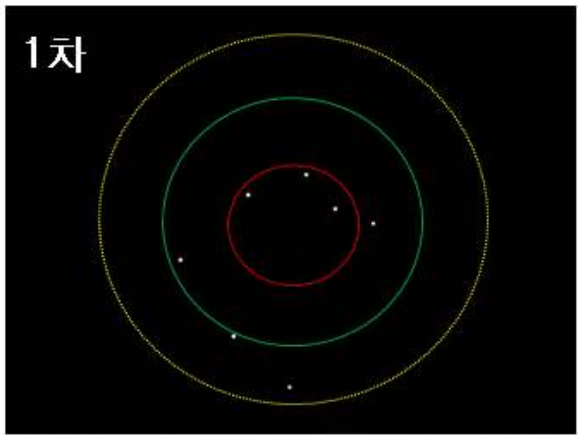
산탄	1차	2차	3차	4차	5차	T	평균
4BK	427,300	496,800	568,200	410,700	535,700	657,300	487,700
000BK	124,300	137,200	75,400	84,500	103,300	303,600	104,900



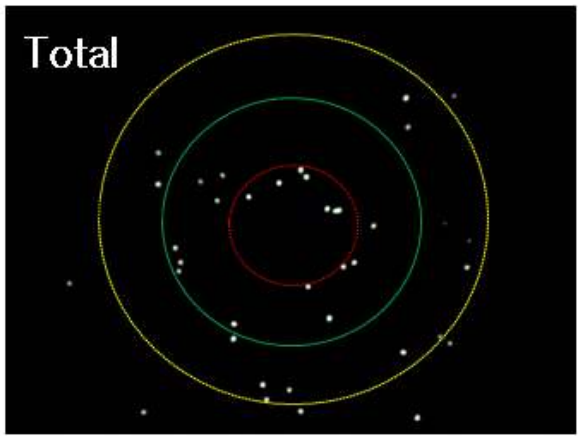
(a) 4BK 1차 사격 분포도



(b) 4BK 종합 분포도



(c) 000BK 1차 사격 분포도



(d) 000BK 종합 분포도

그림 26. 발사거리 40m (NC)

표 20. 40m에서의 분포도(NC) [단위 : mm^2]

산탄	1차	2차	3차	4차	5차	T	평균
4BK	* 표적범위초과					–	–
000BK	154,100	300,200	408,200	163,400	425,500	692,400	290,200

6. 탄속 평가

가. 탄속 변화 거동에 따른 관통력 평가 – 종이(A4)

초고속카메라를 이용하여 탄속을 측정하였으며, 발사된 탄알 중 표적에 제일 먼저 도달하는 탄알을 산탄의 탄속으로 선정한 후 실험을 진행하였다. 탄알의 경우 상대적으로 탄알의 사이즈가 커서 초고속카메라 측정이 용이한 000BK 만을 평가하였다. 종이를 표적매체로 이용한 탄속 평가 실험은 산탄 000BK(modified choke)를 20m거리에서 발사하였다. 사전에 A4용지 500장 발사실험 결과 40m 거리에서는 탄의 분포가 너무 넓어서 A4용지에 탄을 적중시키기에 어려움이 있었으며, 10m의 경우 500장을 전부 다 관통하여 한계 관통치를 확인하기위한 실험횟수가 증가하기 때문에 발사거리를 20m로 설정하여 적절한 실험횟수를 계획하였다.

표 21과 같이 A4용지수량은 60장을 시작으로 60장씩 점차 늘려나가 최대 300장까지 늘려 총 5회 발사실험을 진행하였고, 1회 발사 마다 표적의 측면에서 초고속카메라로 촬영하여 매체 관통 전·후 속도차를 평가하였다(그림 27).

표 21. 탄속 변화 거동에 따른 관통력 평가 실험 조건표

	산탄	쵸크	거리	종이 장수
내용	000BK	Modified choke	20m	60
				120
				180
				240
				360

A4용지 60장에서는 관통 전 1,100km/sec에서 관통 후 1,000km/sec, 마지막 300장에서는 1,050km/sec에서 246km/sec로 측정되었으며, 장수가 늘어날 수 있도록 관통 후 속도는 비례적으로 감소하였다. 5회 실험 결과로 감소 예측선을 도출하여, 20m 거리에서 최대 종이 관통매수 약 380장을 확인하였다(그림 28).



(a) 표적 관통 사진(초고속카메라)



(b) 관통 후 사진

그림 27. 탄속변화 거동에 따른 관통력 평가 실험 사진

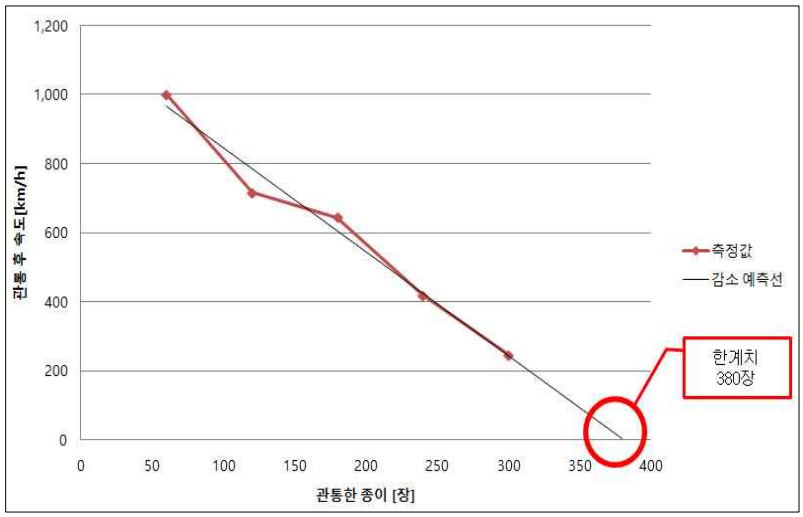


그림 28. 표적두께에 따른 관통 후 탄속

나. 거리에 따른 탄속 변화 및 쵸크가 탄속에 미치는 영향 평가

성능평가 실험을 진행하면서 탄속을 측정하였고, 종합적으로 데이터를 조합하여 거리에 따른 탄속의 변화 평가와 쵸크가 탄속에 미치는 영향 평가를 진행하였다. 이 때 산탄은 000BK만을 평가하였다.

거리에 따른 탄속의 변화의 경우 최대 40m까지 만을 고려하여 평가를 진행고, 0m(총구), 10m, 20m, 40m 지점에서 탄속을 측정하였다. 그 결과 산탄은 10m까지는 탄속이 증가하고, 10m 이후로 탄속이 점차 감소하는 것을 확인할 수 있었다(그림 29).

일반적으로 쵸크는 분포도에만 영향을 준다는 인식이 있었지만, 실제 탄속을 측정해본결과 탄속에 변화가 있었다. 최대 탄속이 발생한 것으로 추정되는 발사거리 10m를 기준으로 쵸크 적용 1,334km/sec, 미적용 1,249km/sec로 쵸크를 사용했을 때 속도가 약 6.3%가량 증가한 것을 확인할 수 있었다. 또한 마지막 측정값인 발사거리 40m의 경우 쵸크를 사용하였을 때 속도가 약 10.8% 증가한 것을 확인할 수 있었다.

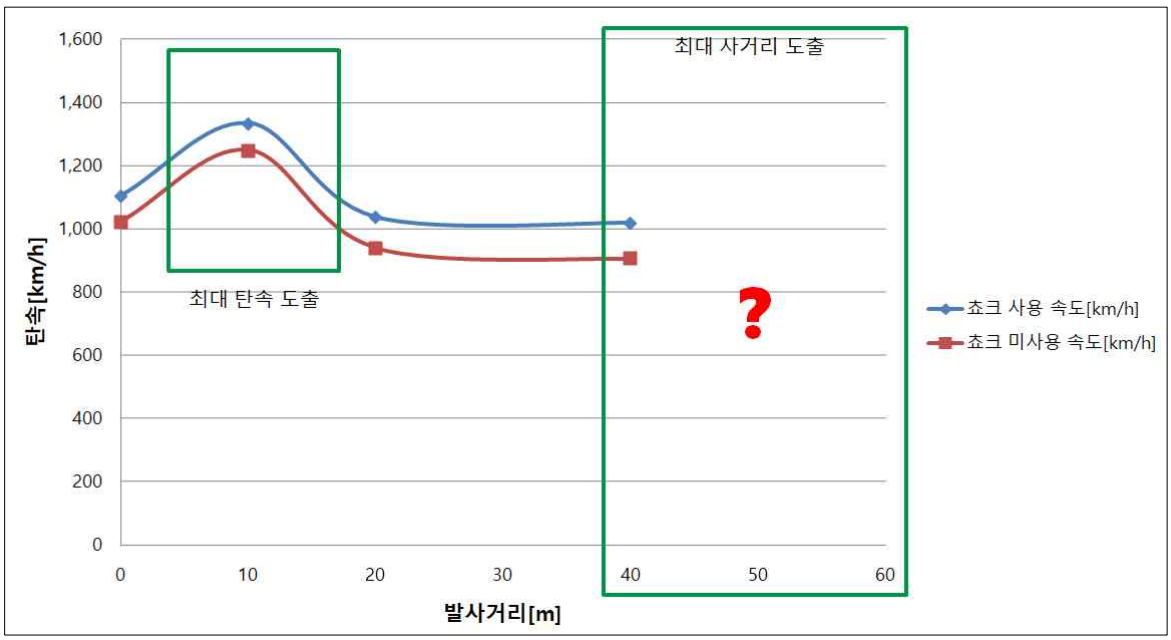


그림 29. 발사거리에 따른 탄속 변화 그래프

7. 결 론

이번 산탄 성능평가 실험을 통해 산탄의 다양한 특성을 수치적으로 확인할 수 있었다.

관통력의 경우 표적에 관통된 다수의 탄알 중 제일 깊게 관통된 탄알의 값만을 선정하였으며, 그 결과 탄알의 사이즈가 클수록 높은 수치를 보였다. 이는 탄알의 사이즈가 클수록 단위면적 당 에너지가 증가하여 더 큰 위력을 가지기 때문에 이와 같은 현상보이는 것으로 판단된다. 또한 거리가 증가할수록 두 산탄의 관통력 격차가 커지는데 이는 탄알의 직경이 작을수록 위력이 빠르게 감쇠하기 때문이라고 예측하였다. 이와 같은 결과를 바탕으로 탄알의 사이즈 외 화약량과 같은 다른 조건을 변화시켜가면서 관통력에 대한 영향을 관찰하고, 산탄의 관통력에 제일 큰 영향을 미치는 인자에 대해 도출할 필요가 있다.

분포도의 경우에는, 탄알의 수가 많을수록 넓은 분포도 면적을 가지는 것을 실험 결과로 확인할 수 있었다. 이는 탄알의 수가 많을수록 발사하는 방향으로 비행하는 시간동안 탄알끼리 충돌 횟수가 증가하는 것이 주요 원인으로 작용하여 이러한 현상을 보인 것으로 해석된다.

탄속 실험의 경우 거리에 따른 탄속의 거동과 쵸크가 탄속을 증가시키는 정도를 도시화할 수 있었다. 탄속의 거동에 대한 시험 결과 대략 10~20m사이 구간에서 최대 탄속이 발생할 것이라는 예상을 할 수 있었다.

향후, 좀 더 세분화된 실험을 통해, 산탄의 탄알 크기・쵸크의 영향・거리 등이 산탄의 분포도와 관통력에 미치는 영향을 좀 더 구체적으로 관찰해보고자 한다.

이러한 실험 자료는, 수렵인들이 산탄의 특성과 성능에 대한 정확한 정보와 지식을 얻음으로서, 수렵대상물에 따라 좀 더 적절한 산탄의 선택 및 발사 위치를 선정하는데 활용되어, 수렵인들로 하여금 효율적인 사격을 할 수 있게 함으로서 궁극적으로 수렵활동에 도움이 될 것으로 생각된다.

8. 출 처

1. 자연과 사냥(www.gohunting.co.kr)
2. 총포·화약류 등에 관한 논문집(총포화약안전기술협회, 2005년)
3. Bev Fitchett's Guns (www.bevfitchett.us)
4. HUNTERCOURSE.COM(www. HUNTERcourse.com)
5. Hunters Ed Course(www.hunter-ed.com)
6. Shotgun for rookies
7. The Big Book of Gun Trivia by Gordon L. Rottman (2013)
8. Terminal Ballistic Performance of the 5.56mm Cartridge(1999)