

## 파이로테크닉 고섬광 발생장치 조성설계 및 설계검증

김형준<sup>\*,1)</sup> · 최성욱<sup>1)</sup> · 권미라<sup>2)</sup> · 황준식<sup>3)</sup> · 장쾌현<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> 삼양화학공업(주) 기술연구소 탄약실

<sup>2)</sup> (주)한화 종합연구소 화력/탄약2팀

<sup>3)</sup> 국방과학연구소 제4기술연구본부

<sup>4)</sup> 국방과학연구소 국방전문기술실

### A Pyrotechnic Mixture Composition and Design Verification of Bright Flash

Hyung Jun Kim<sup>\*,1)</sup> · Sung Wook Choi<sup>1)</sup> · Mi Ra Kwon<sup>2)</sup> · Jun Sik Hwang<sup>3)</sup> · Kwe Hyun Chang<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Pyrotechnic Department, Research Institute of Technology, Samyang Chemical Co., Ltd., Korea

<sup>2)</sup> Energetic Material & Pyrotechnics Department, Defence R&D Center, Hanwha Co., Ltd., Korea

<sup>3)</sup> The 4th Research and Development Institute, Agency for Defense Development, Korea

<sup>4)</sup> Defense Technology Support Division, Agency for Defense Development, Korea

(Received 8 January 2014 / Revised 12 April 2014 / Accepted 25 April 2014)

#### ABSTRACT

The composition of bright flash device is a pyrotechnic mixture consisting of metal powder, oxidizer and additives. A pyrotechnic mixture of bright flash device generates a bright flash through burning after being ignited by initiator. The function of bright flash is to distract or incapacitate electro optical sensor systems and enemy eyes temporally. This study is to develop composition of pyrotechnic mixture of bright flash and to analyze the test results by considering intensity and efficiency of light.

Key Words : Bright Flash Device(고섬광 발생장치), Pyrotechnic Mixture(파이로테크닉 혼합물), Light Intensity(조명 광도), Light Efficiency(조명 효율)

#### 1. 서론

현대전과 다가올 미래의 전장환경은 전자 광학 기술의 발달로 정보·전자전으로 급속하게 전환되고 있고,

이에 따라 전장에서는 육안관측장비, 열상장비 및 야시장비 등의 다양한 광학장비를 사용하여 적을 관측하고 이를 활용하여 전술적으로 운용을 하고 있다. 또한 핵무기에 대한 거부감이 크게 작용하면서 기존 채래식 무기와 달리 인체에 위상을 남기거나 장비를 파괴하지 않고 인명과 장비를 무력화시키는 비살상 무기에 대한 개발이 선진 각국에서 활발히 진행되고 있다.

\* Corresponding author, E-mail: kimhj@samyangchem.com  
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

고섬광 발생장치는 목표물을 추적하는 미사일의 탐색기/센서를 무력화시키거나 혼란시키기 위한 대응탄으로서 고섬광을 사용하여 탐색기/센서를 마비시켜 순간적으로 목표물 추적 기능을 잃게 하는 것이다. 고섬광 발생장치는 투발수단에 따라 각종 유도탄과 투하폭탄은 물론 직사/곡사화기, 다련장 로켓 체계 및 기갑차량 방호 체계를 포함하여 광범위하게 적용될 수 있으며, 정보·전자전으로 특성화되는 미래 전장에서 각종 광학 장비, 영상장비, 열상장비, 야시장비, 탐색기 및 병사의 시력을 일시적으로 무력화시킬 수 있는 효과적인 수단이므로 적의 전장 정보 획득 능력을 현저히 저하시킬 수 있기 때문에 그 전술적 효용성은 매우 클 것으로 사료된다<sup>[1]</sup>.

세계적으로 이러한 새로운 대응수단은 크게 두 종류가 연구되고 있다. 하나는 고폭화약 폭발로 발생하는 충격파를 불활성 가스(He, Ne 등)에 가하여 생성되는 고온 고압의 플라즈마에 의하여 고섬광을 발생시키는 개념이며, 다른 하나는 금속분말, 산화제 및 첨가제로 구성된 파이로테크닉 혼합물을 연소시켜 고섬광을 발생시키는 방법이다<sup>[2]</sup>.

본 논문에서는 두 종류의 고섬광 발생장치 중에서 파이로테크닉 혼합물을 사용하는 고섬광 발생장치의 국내외 기술 동향과 파이로테크닉 혼합물 조성에 따른 조명광도 및 조명효율 측정결과를 분석하였다.

## 2. 고섬광 발생장치 국내외 기술동향

미국은 1950년대 중반 이후 플라즈마에 의한 발광 현상에 대해 광범위한 연구가 수행되어 폭발과 같이 순간적으로 진행되는 현상들을 연구하기 위해 고속카메라의 광원으로 응용되었다. 1980년대에 들어서 Los Alamos 국립연구소에 의해 무기체계에 적용하기 위한 고섬광 발생현상이 연구되고 실험실 규모의 고섬광 발생장치들이 공개되었으며, 최근 Los Alamos 국립 연구소를 중심으로 미 육군의 ARDEC, DARPA, Lawrence Livermore 등에서 비살상 무기체계 개발의 일환으로 연구되어 플라즈마를 이용한 고섬광 발생장치의 시제품 수준 개발은 완료된 것으로 추정된다<sup>[3]</sup>.

미국, 프랑스, 독일을 중심으로 해외에서 개발/운용되고 있는 파이로테크닉형 고섬광탄은 주로 폭동진압, 군중통제 및 대테러용 등의 민사작전과 RPG(Rocket Propelled Grenades)에 대한 전술 기동 차량 방호용 등

비살상 목적의 섬광폭음유탄으로 개발 중이며, 프랑스의 경우 휴대용 지대공 미사일 방어용으로 항공기에서도 운용하고 있다.

최근 미군은 JNLWP(Joint Non-Lethal Weapon Program)의 하나로 MPM-NLWS(Mission Payload Module-Non-Lethal Weapon System) 40mm 비살상탄으로 구성된 VENOM™을 헬미차량에 부착하여 시험을 실시하였으며, 향후 타 전술차량, 무인지상차량 및 해군 수상함에도 적용 예정이다<sup>[1,4]</sup>.

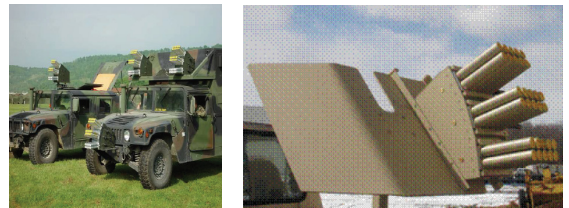


Fig. 1. VENOM™ of US Army

프랑스는 LDS사에서 차량으로부터 약 24m과 42m 지점에 자탄을 폭발시켜 반경 10m 이내 지역에서 약 160dB의 폭음 강도가 발생하는 GALIX 19 섬광폭음탄을 개발하였다. 또한 LEO685 항공기용 고섬광 발생탄을 개발하여 프랑스 공군에서 운용하고 있다. 직경은 60mm, 길이 150mm이며, 약 2억 축광의 고섬광을 약 22~31ms 동안 방출한다<sup>[1]</sup>.

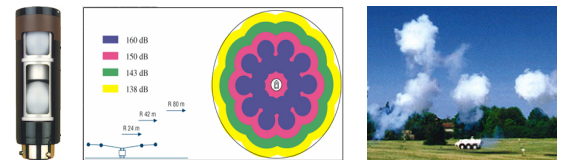


Fig. 2. GALIX 19



Fig. 3. LEO 685

독일 RWM사는 40mm LVP(Light Vehicle Protection) 연막체계를 개발하여 폭음섬광(Flash Bang) 탄을 비롯

한 비상상용으로 운용 가능한 체계를 개발하여 기계화차량 및 전술차량용으로 경량, 소형의 40mm 연막유탄 발사기를 개발/운용하고 있다<sup>[1]</sup>.

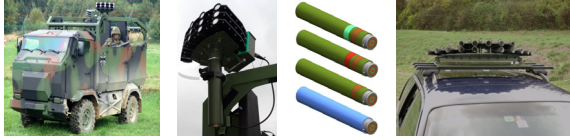


Fig. 4. 40mm LVP system and ammunition by RWM in Germany

현재 국내에서 보유한 조명탄 및 섬광탄 등은 파이로테크닉 조성을 이용한 조명 및 섬광을 발생시키는 것으로 조명탄은 야간 작전시 작전지역의 시야확보를 위한 육안 조명을 해주는 특성을 가지고, 적외선 섬광탄은 주로 항공기에서 적외선 탐색기를 장착한 유도탄으로부터 아군의 항공기 및 승무원의 생존성을 증대시키는 역할을 한다. 그러나 최근 탐색기의 지능화 및 정밀화로 현 섬광탄의 방호능력은 다소 제한적인 실정이다.

### 3. 실험방법

#### 3.1 고섬광제 조성

고섬광제는 금속분말(Al, Mg, Mg-Al, Mg-Cu, Cu, Zr, Ni 등), 산화제(KClO<sub>4</sub>, BaNO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>ClO<sub>4</sub> 등) 및 연소속도 증가와 안정화용 첨가제(마찰감도를 최소화)로 구성된 연료과잉 조성으로 설계하여 탄체 내에서 1차 연소후 탄체 외부로 방출시켜 주위공기와 2차 연소하여 조명광도를 최대화한 고섬광제 조성을 설계하였다<sup>[5,7,8]</sup>.

#### 3.2 측정 장치

Fig. 5와 같이 고섬광 발생장치의 구성에 따른 광도, 연소시간 측정을 위하여 측정장치는 Thorlabs사의 포토센서(PDA36A), 센서에서 섬광발생시 발생하는 전압을 획득하고, 표시할 수 있는 데이터 획득장비(DEWE-5000) 및 고섬광 발생장면을 촬영할 수 있는 고속카메라(HG-100K)로 구성이 된다. 포토센서에는 육안영역에서 사람의 눈과 가장 유사한 시감도 특성을 가지는 V(λ) 필터 및 디퓨저를 적용하여 중심축으로부터 약 ±5° 정도에서는 광도값이 변화하지 않도록 한다.

또한 포토센서의 외부환경적 요인을 최소화하기 위해서 거리별로 각각 빛을 받아들일 수 있는 구멍의 크기가 다른 경통을 센서에 적용한다. 포토센서는 시험 전 검교정을 통해 룩스(Lux)에 대한 전압발생량을 측정하여 광도 계산시 적용하여 광도 값을 도출한다. 광원으로부터 3개 지점에 설치된 포토센서를 통해 측정된 값을 센서 이격거리를 고려하여 광원의 밝기로 환산시켜, 광도 값의 신뢰성 여부를 확인한다<sup>[5,7,9]</sup>.

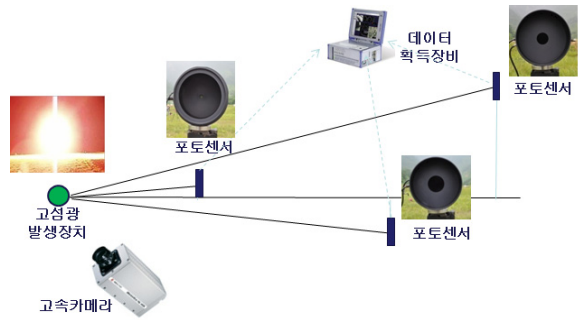


Fig. 5. Test equipment installation

### 3.3 시료탄

시료탄은 1.2m 높이의 고정 치구에 고정된 후 발파선을 이용하여 시료탄의 전기식 스퀴브에 연결하고, 발파기를 이용하여 점화시킨다. 발파기를 통해 점화된 전기식 스퀴브는 점화제를 점화시키고 점화제는 섬광제를 점화시켜, 섬광제의 급연소를 통해 고섬광이 발생된다.

## 4. 실험결과 및 고찰

### 4.1 고섬광제 조성설계에 따른 광도

#### 4.1.1 구조형(CBT형) 케이스

고섬광제의 조성설계를 Table 1과 같이 선정하고, 후보군에 대한 광도 성능시험을 고섬광제 100g 및 점화제를 이용하여 수행하였다. 시험에 적용된 케이스는 Fig. 6과 같이 파열되지 않는 밀폐용기(CBT)형태의 구조형 케이스로 설계하여 연소가스가 노즐을 통하여 방출되도록 설계하였다<sup>[5~7]</sup>.

Table 2에서 보는 바와 같이 고섬광 발생장치의 성능은 Al, KClO<sub>4</sub>, BaNO<sub>3</sub> 및 액체폭약 조성으로 설계한 1번 조성이 가장 우수하였다. 이 조성의 조명효율(광도 × 지속시간/섬광제 양)은 평균 11.73Kcd · s/g 이다<sup>[5,7]</sup>.

Table 1. A bright flash composition design

순번	Al	Mg	Mg-Al	KClO <sub>4</sub>	BaNO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>	액체폭약
1	○			○	○		○
2			○	○			○
3		○				○	○

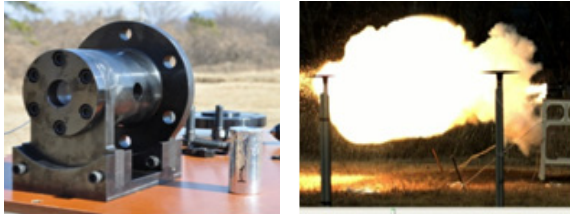


Fig. 6. CBT type case and burning shape

Table 2. Intensity and efficiency of light according to a bright flash composition

순번	광도(Mcd)	조명효율(Kcd · s/g)
1번 조성	107.6	11.73
2번 조성	49.7	11.25
3번 조성	29.1	3.34

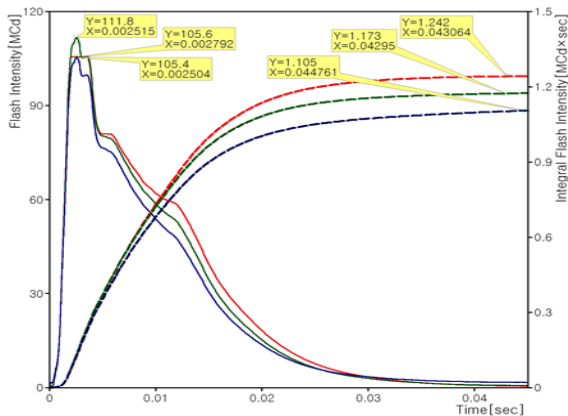


Fig. 7. Intensity and efficiency of light according to time in composition type 1

Fig. 7은 3개의 센서에서 측정된 전압 값을 광원으로 부터 센서의 이격거리를 고려하여 광원의 밝기로 환산한 값을 나타내었다. 각 거리별로 계측한 광도 값이 거의 동일하다는 것은 이 계측방법이 신뢰할 수 있고, 재현성이 있다는 것을 보여준다<sup>[5,7]</sup>.

#### 4.1.2 탄체형 케이스

무기체계 적용성을 고려하여, 시험용 케이스를 Fig 8과 같이 탄체형으로 설계 제작하고, 하단부에 노즐 효과를 위해 노즐을 가공하였다. 고섬광제 조성은 구 조용 케이스 시험에서 가장 효과가 높았던 Al, KClO<sub>4</sub>, BaNO<sub>3</sub> 및 액체폭약 조성으로 설계하였고, 고섬광제 중량은 프랑스 LDS사의 LEO685 고섬광탄에 기준한 230g을 기준으로 1.5배와 2배 수준의 고섬광제를 충전하여 시험을 수행하였다. 고섬광제 중량증가에 따라 점화제가 고섬광제를 점화시키지 못하거나, 케이스 내에서 고섬광제가 충분히 연소되지 않은 상태에서 소화되는 문제를 방지하기 위해 점화제 약량을 증가하였다<sup>[5,7]</sup>.

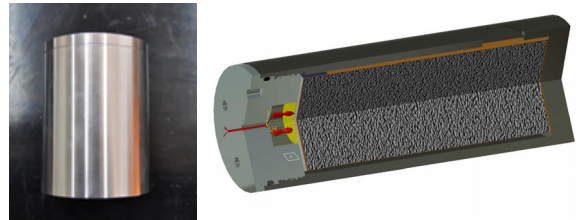


Fig. 8. Projectile type case

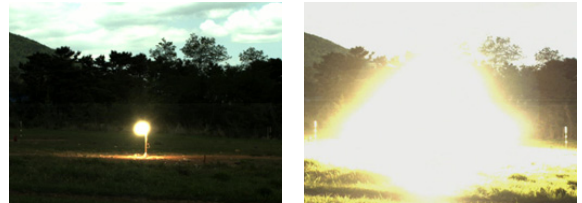


Fig. 9. Burning shape of projectile type case

Table 3. Intensity and efficiency of light according to a bright flash mixture weight

순번	섬광제 중량(g)	광도(Mcd)	조명효율(Kcd · s/g)
1	230	140.5	7.18
2	345	165.6	5.91
3	460	187.7	3.70

Table 3에 나타난 것처럼 섬광제량이 증가할수록 광도가 증가하는 것은 섬광제량이 많을수록 가시광선 파장의 절대적인 광량이 증가하기 때문이고, 조명효율이 감소하는 것은 상대적으로 섬광제에 비하여 점화제의 함량이 작아 미연소 섬광제가 증가하기 때문이다<sup>[5,7]</sup>.

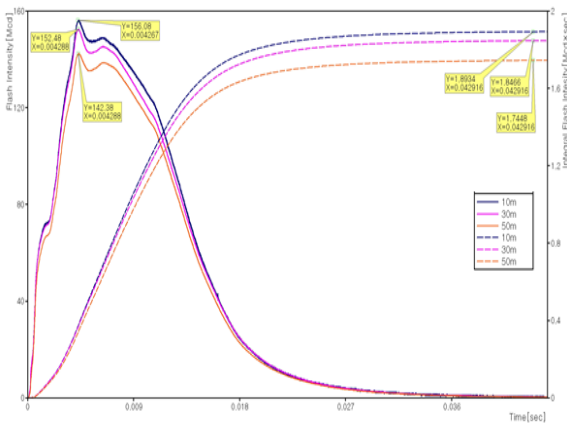


Fig. 10. Intensity and efficiency of light according to time in pyrotechnic mixture 230g

4.1.3 40mm 유탄급 및 100mm 탄두급

고섬광 발생장치는 대테러 작전 등에서 활용되고 있는 섬광 수류탄의 성능 및 운용성을 대폭 향상시킨 개념의 비살상탄으로서, 기존의 탄두에 고섬광 발생장치를 장착하여 고폭 화약과의 반응을 통해 강력한 섬광을 일으켜 적군의 시력 또는 광학장비, 영상장비, 열상장비, 야시장비등의 센서를 일시적으로 무력화 시킨다. 중대구경 화포탄약, 다연장로켓과 같은 화력체계 뿐만 아니라 토마호크급 유도무기, ATACMS(Army Tactical Missile System)와 같은 정밀타격 유도무기체계에 적용하여 중장거리의 적군 및 주요시설에 투발함으로써 적의 전장정보 획득과 전쟁수행능력을 저하시키는 역할을 수행한다<sup>[3]</sup>.

본 논문에서는 구조형 및 탄체형 고섬광 발생장치 실험결과를 바탕으로 적용 체계를 보병에서 운용중인 40mm 유탄급과 100mm 탄두급에 대해 고섬광 발생장치를 적용하고, 섬광효과를 분석하였다.

효과분석을 위해 시료탄은 Fig. 11과 Fig. 12와 같이 적용체계특성을 고려해 시험용으로 제작되었으며, 점화제에 의한 고섬광제 점화방식이 아닌 분산작약(고폭약)에 의해 고섬광제를 점화시키는 중심 폭발(Central Bursting) 형태로 제작되었고, 분산작약의 기폭은 비전기식 뇌관을 이용하였다<sup>[6]</sup>.

40mm 유탄급과 100mm 탄두급 고섬광 발생장치의 조성은 Al, KClO<sub>4</sub>, BaNO<sub>3</sub> 및 액체폭약으로 구성되어있으며, 탄체 내부의 고섬광제 충전량은 각각 약 80g과 1400g 이다.

실험결과 40mm 유탄급 및 100mm 탄두급 고섬광 발

생장치의 광도는 Table 4와 5와 같이 평균 57Mcd와 319.1Mcd를 나타내었고, 조명효율은 33.2Kcd.s/g와 28.1 Kcd.s/g을 나타내었다. 고속카메라로 관측된 고섬광제 점화 후 연소형상은 Fig. 13 및 Fig. 14와 같다.

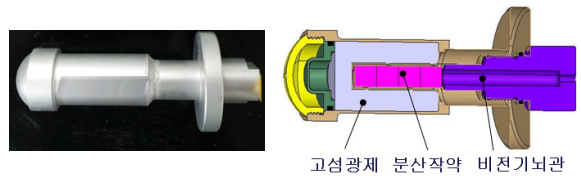


Fig. 11. Bright flash device of 40mm class

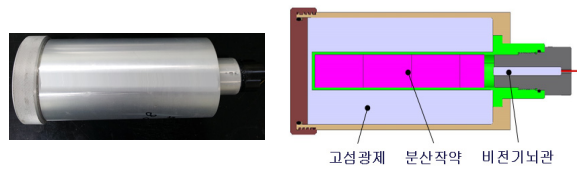


Fig. 12. Bright flash device of 100mm class



Fig. 13. Burning shape of 40mm class bright flash



Fig. 14. Burning shape of 100mm class bright flash

Table 4. Intensity and efficiency of light for 40mm class bright flash

순번	광도(Mcd)	조명효율(Kcd · s/g)
1	57.1	33.0
2	57.1	33.0
3	57.5	33.2
평균	57.6	33.2

Table 5. Intensity and efficiency of light for 100mm class bright flash

순번	광도(Mcd)	조명효율(Kcd · s/g)
1	327.2	27.9
2	320.2	28.1
평균	319.1	28.1

Fig. 15와 Fig. 16은 40mm 유탄급 및 100mm 탄두급 고섬광 발생장치를 기폭하였을 때 야시장비로 관측된 형상을 나타내었으며, Fig. 17과 Fig. 18은 열상장비로 관측된 형상을 나타내었다. 야시장비 및 열상장비 모두 고섬광 발생장치 기폭 후 고섬광 발생으로 인하여 야시장비 및 열상장비의 시야확보가 일시적으로 불가능하게 되었음을 알 수 있다.

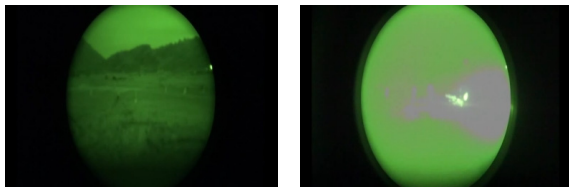


Fig. 15. Effect of night vision device for 40mm class bright flash(Left : Before detonation, Right : After detonation)

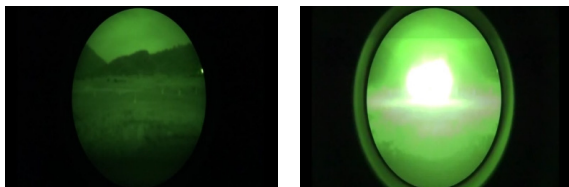


Fig. 16. Effect of night vision device for 100mm class bright flash(Left : Before detonation, Right : After detonation)

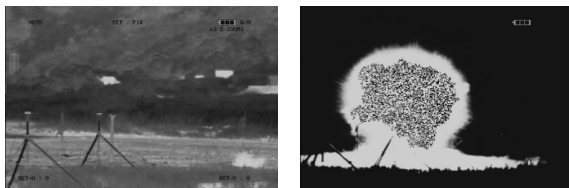


Fig. 17. Effect of thermal image device for 40mm class bright flash(Left : Before detonation, Right : After detonation)

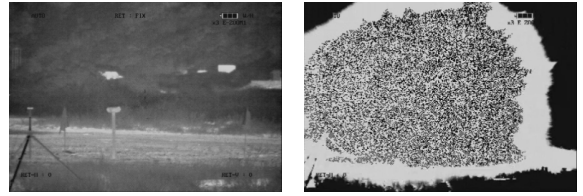


Fig. 18. Effect of thermal image device for 100mm class bright flash(Left : Before detonation, Right : After detonation)

Fig. 19와 Fig. 20은 광원으로부터 30m, 50m 및 70m에 설치된 포토센서에 의해 획득된 전압 값을 거리에 대한 광원의 광도로 환산하여 그 값을 나타내었다.

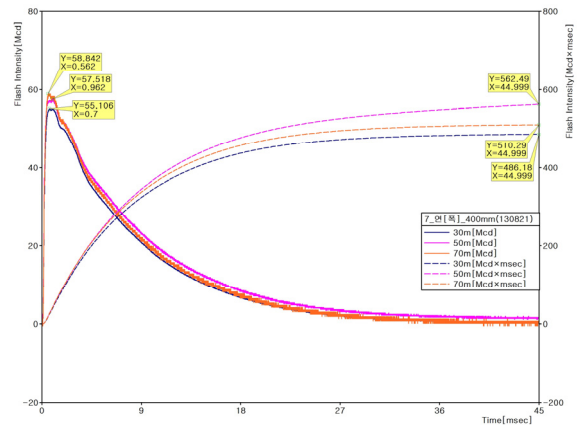


Fig. 19. Intensity and efficiency of light according to time in 40mm class bright flash

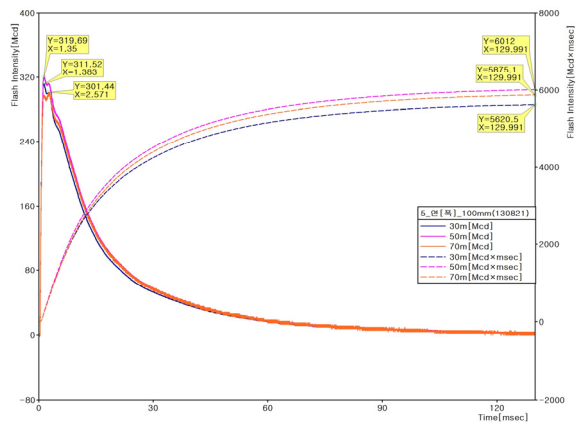


Fig. 20. Intensity and efficiency of light according to time in 100mm class bright flash

## 5. 결론

고섬광 발생장치의 최대 광도 성능을 나타내기 위한 중요 설계인자는 조성 설계이다. 고섬광제 조성 중 Al, KClO<sub>4</sub>, BaNO<sub>3</sub> 및 액체폭약으로 구성된 고섬광제 조성이 높은 광도를 나타내었고, 고섬광제 점화 메카니즘은 점화제를 이용한 고섬광제 점화방식보다는 고폭화약을 이용한 중심 폭발(Central Bursting) 방법이 고섬광제의 균일한 점화 및 우수한 섬광 효과를 도출하였다. 고섬광 발생장치는 40mm 및 100mm 무기체계에 적용이 가능하며, 인명이나 재산의 손실을 최소화 하면서도 군사적 목적을 효과적으로 달성할 수 있는 신탄수 무기가 될 것이다. 한편 고섬광 발생장치는 고섬광에 의한 단일 비살상 효과와 더불어 폭음 및 폭압을 동반하는 복합기능 적용이 가능하며, 보병용 무기체계 뿐 아니라, 기계화차량 및 항공기 방호용 소프트 킬(Soft kill) 무기체계에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

## 후 기

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 연구비 지원하에 (주)한화와 삼양화학공업(주)가 수행하였다.

## References

- [1] 김형준 외 2인, 파이로테크닉형 고섬광 발생탄 기술동향, 제1회 신탄수 에너지 무기 학술대회 2009. 9.
- [2] 황준식 외 3인, 고섬광 발생장치의 개요, 제1회 신탄수 에너지 무기 학술대회, 2009. 9.
- [3] 국방기술품질원, 2007 국방과학기술조사서, 제9권 신탄수·화생방 무기체계
- [4] 이종철, 미국의 비살상 기술 개발현황, 제1회 신탄수 에너지 무기 학술대회, 2009. 9.
- [5] 황준식 외 6인, 파이로테크닉 혼합물을 이용한 고섬광 발생에 관한 연구, 한국군사과학기술학회, 2010. 6.
- [6] 김형준 외 5인, 파이로테크닉형 고섬광 발생장치의 체계 적용성 검토, 국방과학연구소 창설 40주년 기념 종합학술대회, 2010. 8.
- [7] 최성욱 외 4인, 고섬광탄 조성설계 기술연구, 제3회 신탄수에너지 무기 학술대회, 2012. 12.
- [8] 파이로테크닉형 고섬광 발생장치 연료 조성물, 출원번호 10-2012-0084795, 2012. 8.
- [9] Susan F. A. Bender, etc, Less-than-lethal "Flashbang" Diversionary Device, SAND 2003-4045, 2003. 11.