

# 국내외 안전수칙 규정을 통한 한국형 아마추어 로켓 안전수칙 규정 연구

심주현\* · 방재원\* · 임승빈\* · 채재우\*\*

## The Study on Korean Safety Rules of Amateur Rocket through Safety Rules of Inside and Outside of Korea

Juhyen Sim\* · Jaewon Bang\* · Seungvin Lim\* · Jaeou Chae\*\*\*

### ABSTRACT

Recently in Korea, rocket technology is being taken a wide scope as government planning to build Oeinaro-do space center and to select First Korean astronaut. But compared to development in USA, there is a lack of safety rules in amateur rocket. So it is very essential to meet some powerful legal safety rules for keeping pace with increasing popularization of rocket technology. Herein we discuss, in the field of rocket design, making, launching and collecting stage with considering the rules of IRR, NURA and NAR-HIAA.

### 초 록

외나로도 우주센터 건설과 한국 최초 우주인 선발 등으로 항공 우주, 나아가 로켓에 대한 관심이 높아져 가고 있다. 하지만 우리나라의 경우 아마추어로켓이 발달한 미국과 달리 로켓 제작, 발사 등에 관련된 공식적인 아마추어로켓 안전규정이 없는 실정이다. 아마추어로켓에 대한 대중화가 진행되고 있는 추세에 발맞추기 위해서는 우리도 우리나라의 실정에 적합하면서 통합된 안전 규정이 절실히 요구되는 바이다. 본 논문에서는 인하로켓연구원(Inha Rocket Research Institute, IRRI), 전국대학교로켓연합회(The national Universities' Rocket Association, N.U.R.A.)와 미국로켓협회(NAR)와 미국취미산업협회(HIAA)의 기존 규정을 분석한 후 설계, 제작, 발사, 회수에 걸쳐서 좀 더 합리적 근거를 통해서 기존 규정의 수정 및 보완 할 점에 대해서 논의하였다.

**Key Words:** Safety Rules(안전 규정), Rocket Launching Manual(로켓 발사 설명서), Safety Distance of Launching Rocket (로켓 발사 안전거리), Amateur Rocket(아마추어 로켓), Rocket Launching Contest (발사 대회), Dangerous Area (위험 지역)

\* 인하대학교 로켓 연구회  
(INHA Rocket Research Institute, IRRI)  
연락처자, E-mail: simkslv.nana@gmail.com

\*\* 인하대학교 로켓 연구회 지도교수

### 1. 서 론

1992년 한국항공대학교에서 제 1회 로켓 발사

대회를 개최한 이후로 지난 2005년까지 총 15회에 걸쳐 대학교 동아리 소속 아마추어 로켓티어 들 간의 공식적인 발사 대회가 있었다. 일반 아마추어 로켓티어들까지 흡수하지 못한 점이 아쉽지만, 이 대회들을 통해 각 대학 로켓 동아리 간 교류 및 협조 체계가 갖추어지기 시작했고, 2회에 걸친 연합회 발족을 통해 현재 전국 대학교 로켓 연합회(The National Universities' Rocket Association, N.U.R.A. 이하 NURA)가 6대 운영진으로 이어가고 있다. 이제 곧 14년 전통을 이어온 16회 로켓 발사 대회가 NURA의 운영 하에 개최될 것이다. 하지만 이러한 14년의 전통에도 불구하고, 매회 로켓 대회 마다 크고 작은 안전사고, 혹은 큰 사고로도 이어질 수 있는 아찔한 순간들도 목격되곤 했다. 이는 무엇보다도 대회 준비 및 로켓 발사에 임하는 회원들의 안전 불감증이 가장 큰 문제이지만, 현존하는 안전 규정의 강제성 부재 및 로켓 설계, 제작, 발사 및 수거에 관한 좀 더 구체적인 제한 사항이 없기 때문이다.

요즈음 외나로도 우주센터 건설 및 한국 최초 우주인 선발 등, 사회 전반에 걸쳐 항공 우주, 특히 로켓 공학에 대한 관심을 이끌어 낸만한 뉴스거리가 많이 늘어나고 있으며, 모델로켓의 대중화가 급속히 진행되면서 10년 전만해도 시중에서는 찾기조차 힘들었던 모델로켓을 집근처 문구점에서 쉽게 구입할 수 있게 되었다. 하지만 이러한 활성화에도 불구하고 아마추어 협회의 승인이 없는 모델로켓모터의 생산 및 판매가 금지되는 미국의 경우와 달리 일반 아마추어 로켓티어를 위한 관련 규정은 존재조차 하지 않고 있다. 이러한 점을 미루어 보아 일반 아마추어 로켓티어 및 각종 로켓 대회에 관련된 공식적인 규정이 절실히 필요하다. 본 논문에서는 본격적인 규정 마련에 앞서 기존에 제정된 국내외의 규정들을 통해 보완할 점과 각 규정 사항의 이론적 근거를 정리했다.

## 2. 기존 규정 분석

안전 규정 연구를 위해 먼저 국내외에서 제정

된 기존 규정을 살펴보았다. 우리가 찾을 수 있었던 규정에는 대표적으로 인하로켓연구소(Inha Rocket Research Institute, IRRI)의 '소형로켓 안전수칙'과 NURA(The National Universities' Rocket Association)의 '안전수칙', 미국로켓협회(NAR)와 미국취미산업협회(HIAA)의 'Model Rocket Safety Code'와 'High Power Rocket Safety Code'이 있었다.

IRRI의 '소형로켓 안전수칙'을 보면 제작 시의 안전 수칙은 구체적으로 잘 짜인 반면, 모터 제작 이외의 다른 부분에 대한 안전 수칙은 전혀 찾아볼 수가 없었다. NURA의 '안전수칙'의 경우 다양한 부분의 안전수칙이 체계적으로 명시되어 있었지만, 좀 더 합리적 근거를 통해 규정을 수정, 보완해야 할 부분들이 있었다. 마지막으로 NAR과 HIAA의 'Model Rocket Safety Code'와 'High Power Rocket Safety Code'를 살펴보면 각 부분이 적절한 내용으로 분류되어 있었지만, 발사 대회 등 로켓 발사 관련 행사에서 관람객 통제나 관리 방법에 대한 언급은 없었다.

위 세 규정을 통해 로켓 발사의 총 과정을 설계, 제작, 발사 및 회수인 4단계로 나누어 각 단계별로 안전 규정 사항을 고찰해보았다.

## 3. 설계 단계의 안전 규정

모든 항공 우주 관련 비행체의 경우 공력이 미치지 때문에 비행안정성은 동체의 외형 설계로부터 결정된다. 특히 모델로켓이나 소형로켓의 경우 일반적으로 공력을 제어하기 위한 시스템이 장착되지 않기 때문에 더욱 외형설계가 중요시 된다. 그래서 동체의 공력 중심과 무게 중심은 비행경로 결정에 가장 큰 변수가 된다. 상용 제품으로 팔리고 있는 모델로켓 키트의 경우 이미 제작업체에서 안정성을 고려한 설계가 되어 있지만 일반 아마추어 로켓티어들처럼 직접 자신만의 로켓을 설계할 경우, 제작된 로켓의 안정성은 설계자 본인의 책임이다.

로켓의 동체 설계 방법은 아마추어 수준에서는 Barrowman법과 면적중심법을 주로 사용한

다. Barrowman법은 풍동 실험을 통해 얻어낸 데이터를 통해 일반화된 계산법으로 압력 중심을 상당히 정확하게 결정할 수 있다. 반면 면적중심법은 동체의 단면에 대한 도심으로 로켓 동체를 강체로 가정하고 구하는 방법으로 최악의 비행조건을 고려한 설계법이다. 그래서 면적중심법을 이용해 CP를 구할 경우 비행안정성은 최대로 보장할 수 있으나, 동일 로켓 동체에서 CP점을 고정하고 날개를 설계할 경우 날개의 면적이 크게 증가하게 됨에 따라 비행 항력 또한 같이 증가하게 되어 비행 효율이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 그러므로 설계자는 각각의 설계법의 장단점을 고려하여 설계법을 선택해야 하지만 일반적으로 발사장은 넓은 평지를 선택해야 하다 보니 바람의 영향을 많이 받게 되며, 특히 돌풍으로 인한 외란은 로켓 안정성에 치명적인 요인이다. 그래서 로켓을 설계할 때는 두 가지 방법을 고려한 설계를 해야 하며, 발사장의 기상 조건에 따라 쉽게 CG를 이동시켜 동일한 동체 조건에서 두 가지 방법에 의한 CP를 대비할 수 있도록 설계해야 한다.

그렇기 때문에 로켓 안전 수칙에는 상용 제품이 아닌 직접 설계한 로켓의 경우 CP와 CG를 포함한 동체와 설계법이 명시된 설계도가 대회 혹은 발사회 주최 측에 공개된 로켓에 대해서만 발사할 수 있는 자격을 주는 조항이 추가되어야 한다. 또한 설계시 Barrowman법과 면적중심법 두 가지 방법을 모두 고려한 설계 및 CG이동이 발사장에서도 가능하게 하여, 발사장 기상 조건에 따른 안전한 로켓 발사가 이루어질 수 있도록 유도하는 조항 또한 필요하다.

또한 소형 로켓의 설계에 있어서 주의할 부분은 제어회로 설계와 추진제 모터 설계다. 현재 대부분의 아마추어 로켓터어들은 제어회로를 로켓의 안전한 회수를 위해 낙하산 사출회로로 설계하고 있다. 그리고 사출 회로에 연결된 사출 장치의 경우 많은 방법들을 고안하고 있지만 주로 사용되는 방법은 흑색화약과 같은 화학 약품을 이용해 연소 가스 발생시키는 방법이다. 그렇기 때문에 종종 로켓의 출발을 알리는 트리거 스위치가 로켓 이동 혹은 발사대 설치도중 작동하

여 지상에서 사출제가 연소하는 위험한 상황이 발생하곤 한다. 이를 방지하기 위해서는 로켓이 완전히 발사대에 장착되기 전까지는 사출 회로 트리거 스위치가 작동하지 않도록 하거나 작동하더라도 이상 동작을 방지할 수 있는 안전편을 추가하여 완전한 발사대 장착 후 안전편을 제거하여 로켓 발사 준비가 완료되는 방식의 회로설계를 유도하는 조항이 필요하다. 그리고 추진제 모터 설계에 대해서는 추후 다시 논의하겠다.

#### 4. 제작 단계의 안전 규정

앞에서 언급한 바와 같이 IRRI 규정을 포함한 세 규정 모두 로켓 제작 시 지켜야할 주의 사항 및 조항들이 잘 명기되어 있다. 하지만 그 중에서 몇 가지 보완 되어야할 점에 대해서 다음과 같은 내용들을 생각해 보았다.

현재 NAR-HIAA의 규정에서 세 번째 항목을 살펴보면 모델로켓 회수방식에 대해서 “모델로켓을 다시 사용하고 지상으로 모델로켓을 안전하게 회수하기 위해서 항상 회수 장비를 모델로켓에 설치해야 한다.”라고 제정하였다[1]. 하지만 좀 더 안전한 로켓 발사를 위해서는 회수 장비에 대해서 자세한 언급이 필요하다.

어느 로켓을 막론하고 회수장치는 안전한 로켓 발사를 위해서는 필수 사항이다. 그러나 현재 시중에서 팔리고 있는 상용 모델로켓의 경우나, 대부분의 제작 로켓들의 회수 장치의 안전성에 문제가 많다.

우선 회수 장치는 반드시 낙하산 방식을 고수해야 한다. 물론 제작자의 창의성을 이용해 다른 회수 방법을 고안하는 것이 더 지향되어야 하겠지만, 창작된 회수 방법에 대해서는 그 신뢰성이 확보되기 이전에는 다수의 관람객이 참여하는 발사회에서는 절대 사용해서는 안 되며, 낙하산 방식이 고수되어야 하는 이유는 가장 많은 경험적 신뢰도를 가지고 있기 때문이다.

그리고 낙하산 방식을 사용하더라도 그 낙하산 재질에 대한 규정도 필수 사항이다. 현재 시중에서 판매되고 있는 상용 모델 로켓의 경우

대부분의 낙하산 재질이 비닐로 되어 있으며 약한 화염에도 쉽게 녹거나 불에 타기 쉬운 재질로 만들고 있다. 이를 보완하기 위해 대부분의 모델로켓 제작 설명서에는 휴지와 같은 화염 차단 물질을 넣도록 권장되고 있으나, 대부분의 초보 제작자의 경우 이를 지키지 못하는 경우도 많으며, 로켓 모터 사출제에서 발생한 화염이 휴지를 태우면서 지상까지 화염이 꺼지지 않은 채 낙하하여 화재의 원인이 될 수 있다. 이를 원천적으로 방지하기 위해서는 모델로켓 및 소형로켓의 회수 장치는 사출제와 같이 화약 약품을 이용할 경우 반드시 소재를 불연성으로 제작하는 엄격한 규정이 필요하다.

### 5. 발사 및 회수 단계의 안전 규정

로켓의 안전과 가장 직접적으로 연관성을 갖는 단계는 바로 발사 및 회수 단계다. 그래서 NURA 및 NAR-HIAA 규정에서도 발사 및 회수 부분에 있어서 많은 조항을 마련해 놓았다. 본 연구에서는 두 규정에서 언급한 조항들을 좀 더 고찰해 보았다.

우선 로켓 발사에서 가장 중요시 되는 것은 발사장 안전지역 범위 지정이다. NAR 과 NURA의 규정을 살펴보면 NAR-HIAA의 경우 Table 1. 과 Table 2. 와 같이 각 로켓의 임펄스 또는 모델로켓 모터의 코드에 따라 발사장 반경을 표시하고 있다.

Table 1 Minimum distance table for Model Rocket(NAR)

Installed Total Impulse (N-sec)	Equivalent Motor Type	Minimum Site Dimensions (m)
0.00 ~ 1.25	1/4A, 1/2A	15.24
1.26 ~ 2.50	A	30.48
2.51 ~ 5.00	B	60.96
5.01 ~ 10.00	C	121.91
10.01 ~ 20.00	D	152.4
20.01 ~ 40.00	E	304.8
40.01 ~ 80.00	F	304.8
80.01 ~ 160.00	G	304.8
160.01 ~ 320.00	Two Gs	457.2

Table 2 Minimum distance table for High Power Rocket(NAR)

Installed Total Impulse (N-Sec)	Equivalent Motor Type	Minimum Clear Dimensions (m)	Minimum Personnel Distance (m)	Minimum Personnel Distance (Complex Rocket) (m)
0 ~ 320.00	H or smaller	15.24	30.48	60.96
320.01 ~ 640.00	I	15.24	30.48	60.96
640.01 ~ 1,280.00	J	15.24	30.48	60.96
1,280.01 ~ 2,560.00	K	22.86	60.96	91.44
2,560.01 ~ 5,120.00	L	30.48	91.44	152.4
5,120.01 ~ 10,240.00	M	38.1	152.4	304.8
10,240.01 ~ 20,480.00	N	38.1	304.8	457.2
20,480.01 ~ 40,960.00	O	38.1	457.2	609.6

그리고 NURA의 경우 발사대로부터 최소 50 m 이상으로 규정하고 있다. 하지만 안전거리에 대한 고찰에 따르면 이 두 규정에서 지정한 거리는 이론적인 계산 결과 보다는 경험적인 근거에 의한 규정으로 판단된다. 하지만 안전지역은 관람자 혹은 발사회 참여자의 안전이 반드시 확보된 공간으로 규정해야 한다. 특히 NURA가 주최하고 있는 발사대회의 경우 대부분의 로켓들이 참여자들이 직접 설계·제작하기 때문에 모든 로켓들의 추력 및 연소시간, 로켓 자중이 일정하지 않아 로켓의 회수 장치가 제대로 동작하지 않았을 경우 낙하 예상 지점, 즉 위험 지역의 범위는 각 로켓의 사양에 따라 달라진다. 이런 점을 고려해 볼 때, 발사대회의 안전 지역 범위 설정은 일련의 계산과정이 필요하다.

NURA 와 NAR-HIAA에서 규정하고 있는 로켓 발사각 최대 범위인 수직 기준  $\pm 15^\circ$ 를 만족하는 안전 지역 범위를 간단한 물리 방정식을 이용

해, 임의의 로켓 발사에 대한 위험 지역 최소반경을 Eq. 1과 같은 계산식으로 도출해 보았다.

$$S = \left[ \frac{I_t}{m} \sin 15^\circ \times \left\{ \frac{T_c}{2} + \frac{1}{g} \frac{I_t}{m} \cos 15^\circ + \sqrt{\frac{1}{g} \frac{I_t}{m} \cos 15^\circ \left( T_c + \frac{1}{g^2} \frac{I_t}{m} \cos 15^\circ \right)} \right\} \right]$$

Eq. 1 위험 지역 최소 반경 방정식

$\left\{ \begin{array}{l} S = \text{위험 지역 최소 반경} \\ I_t = \text{Total Impulse} \\ m = \text{추진제 질량을 뺀 로켓의 질량} \\ T_c = \text{모터 연소 시간} \end{array} \right.$

위 계산식을 이용하여 최근에 발사되었던 인하로케트연구회(IRRI) 로켓의 위험 지역 최소반경을 구해보았다.

Table 3. 에 언급된 사양은 각 발사된 로켓의 총 추력( $I_t$ ), 로켓의 질량( $m$ ), 연소시간( $T_c$ )과 세 파라미터와 Eq1.을 이용해 계산된 결과인 위험 지역 최소반경( $S$ )이다.

Table 3 Minimum distance table for IRRI Rocket

	$I_t$	$m$	$T_c$	$S$
로켓 1. (소형)	80 N-sec	1.5 Kg	0.75 sec	113.53 m
로켓 2. (모델)	10 N-sec (C-Type)	0.1 Kg	1.6 sec	410.38 m

따라서 로켓의 안전거리는 발사대로부터 소형의 경우 115 m, 모델의 경우 415 m는 확보되어야 한다. 이는 하나의 로켓에 대한 결과 값이며, 실제 발사대회나 발사회를 개최할 경우 다양한 로켓들의 사양을 모두 종합하여 위험지역 최소반경이 가장 긴 로켓을 기준으로 삼아 전체 행사의 안전거리 범위를 지정해야 하며, 로켓 발사가 이루어지는 동안 절대 위험지역 안으로 그 누구도 출입할 수 없도록 행사가 진행되어야 한다. Fig. 1은 안전 반경이 고려된 발사장의 예시 개략도이다.

안전 지역 다음으로 중요한 것은 행사를 진행하는 운영자들의 구성 및 책임량, 인원수다. 로켓 발사는 아무리 작은 모델 로켓을 발사할 지

라도 로켓은 빠른 속력으로 움직이며, 그 진행 경로를 제어할 수 없기 때문에 항상 어떤 일이 벌어질 지는 아무도 알 수 없는 위험한 작업이다. 그렇기 때문에 발사 대회 혹은 발사회와 같은 큰 행사를 진행하는데 있어서 총 진행을 운영진의 역할 매우 중요하다. 현재 NURA의 규정에서는 발사 통제 요원 수와 역할에 대해서 자세하게 명시되어 있다[3]. 하지만 발사회 진행 총 책임자에 대한 권한이 더 명확하고 강력하게 명시되어야 하며, 이를 위해 모든 참여 로켓에 대한 발사 및 발사취소에 대한 전권은 발사회 진행 총 책임자에게 주어짐은 꼭 추가되어야 한다. 또한 “발사될 모든 로켓은 관리 요원의 손을 거치도록 한다.”라는 부분에서는 모든 로켓의 발사과정은 로켓 발사 버튼 시동을 제외한 모든 작업은 로켓 설치 및 관리 요원들에 의해서 이루어지도록 강조해야 한다. 항상 모든 발사회에서 어수선한 분위기 조성 혹은 위험한 상황 발생은 발사대 주변에 관리 요원들 외의 참여자들이 출입하기 때문이며, 이러한 점이 엄격한 발사장 통제가 되지 못하는 이유 중 하나이다.

위 사안이 제대로 이루어지기 위해서는 일련의 준비과정이 더 필요하다. 발사회 총 책임자가 참여 로켓의 발사 및 발사취소 결정을 내리기 위해서는 타당한 근거가 필요하며, 총 책임자는 모든 로켓에 대한 정확한 정보가 필요하다. 기본적으로 위험 지역을 계산하기 위한 총추력, 로켓 질량, 연소 시간뿐만 아니라 추진제의 기본 성분, 제작 날짜, 제작 환경, 동일 사양 엔진 연소 결과 데이터가 필요하다. 또한 로켓 설치 및 관리 요원들이 발사대 주변 통제 및 로켓의 완벽한 장착을 위해서는 해당 로켓의 엔진 모터 장착 방법 및 해당 로켓의 발사대 설치 방법, 로켓 설치 시 유의 사항에 대해서 정확하게 알아야 한다.

위 사안 들이 제대로 이행되기 위한 방법으로 Rocket Launching Manual 제작을 제안 하고자 한다. Rocket Launching Manual은 두 개 부분으로 나뉜다. Rocket Setup Manual과 Rocket Motor Manual이 그것이다.

Rocket Setup Manual은 로켓 설치 및 관리

요원들을 위한 Manual로서 해당 로켓의 엔진 모터를 장착하는 방법 및 해당 로켓의 발사대 설치 방법, 로켓 설치 시 유의 사항에 대해서 정확히 기술되어야 하며, 좀 더 안전하고 정확하게 이행되기 위해서는 로켓 제작 시에도 로켓 설치의 간편성 및 안전성을 고려하여 일반 항공기에서 비행하기 전 점검 혹은 제거해야 할 부분을 구분하기 위해 붙여 놓는 태그와 같이 규정된 형식의 태그를 붙여 로켓 설치 요원이 쉽게 인식하도록 할 수 있다.

Rocket Motor Manual에는 로켓 질량, 추진제의 기본 성분, 제작 날짜, 제작 환경, 해당 모터의 특이사항 등 로켓 엔진 기본 사양과 더불어 총추력, 연소시간과 같은 동일 사양 로켓 모터 연소 결과 데이터를 기술하여 로켓 엔진의 안전성 및 사용 가능 여부, 엔진 이그나이터 장착 시 주의할 점을 총 책임자 및 로켓 설치 요원에게 정확하게 알릴 수 있다. 로켓의 모든 설치가 행사 진행자에 의해서 이루어지기 위해서 제작자는 Manual 작성 시 누구나 보고 쉽게 이해할 수 있도록 제작해야 할 것이며, 로켓 설치에 고도의 노하우가 필요한 경우에 한해서만 총 책임자의 참관 하에 참여자가 직접 장착하는 예외사안도 필요하다.

마지막으로 NAR-HIAA 규정에 명시되어 있는 발사 시스템 항목에서 원격 조정으로 발사를 조작할 수 있는 시스템을 사용할 수 있다는 내용에 덧붙여 원격으로 작동되는 발사 장치의 경우 외부의 교란 신호 혹은 외부 노이즈에 의해 발사신호가 입력될 수 있으므로, 로켓 발사를 위해 원격 시스템을 응용할 경우 해당 시스템은 반드시 입력되는 발사신호를 암호화해야함을 강조해야 한다.

## 6. 결 론

본 연구를 통해 점차 활성화되고 있는 아마추어 로켓터들의 활동에 있어서 결코 빼어놓을 수 없는 안전 규정에 대해서 재검토 및 추가 사안에 대해서 논의 해 보았다. 로켓 발사의 전과

정을 총 4단계로 나누어 생각해 보았으며, 각각의 단계에서 수정 혹은 추가 되어야 할 사안들이다.

### < 설계 단계 >

1. 모델 혹은 소형 로켓을 설계할 때에는 반드시 Barrowman법과 면적중심법에 의해 CP점을 구해야 하며 CP와 CG를 포함한 동체와 설계 법이 명시된 설계도가 대회 혹은 발사회 주최 측에 공개된 로켓에 대해서만 발사할 수 있는 자격을 주는 조항이 추가되어야 한다.
2. 설계 시 Barrowman법과 면적중심법 두 가지 방법을 모두 고려하여 CG이동이 발사장에서 가능한 하게 하여, 발사장 기상 조건에 따른 안전한 로켓 발사가 이루어질 수 있도록 유도하는 조항 또한 필요하다.
3. 화약 약품을 이용한 사출장치 제작 시 구동회로는 반드시 안전핀을 갖추도록 설계 해야 한다.

### < 제작 단계 >

1. 로켓을 제작할 때 항상 가장 신뢰도가 높은 회수방식을 이용하도록 해야 한다.
2. 회수 방식에서 화염이 발생할 경우 정확한 회수를 위해 회수 장치의 재질은 반드시 불연성 소재로 제작되어야 한다. 이는 현재 모델 로켓 제작 업체에서 바로 시행해야 하는 부분이기도 하다.
3. 로켓의 도색도 되도록 전체 흰색과 파란색을 지양하도록 규정해야 하며, 제작자의 창의성을 저해하지 않는 범위 내에서 도색에 사용되는 색의 종류를 제한할 필요도 있다.

### < 발사 및 회수 단계 >

1. 로켓의 안전과 직접적으로 결부되는 단계로 발사장에서 관람객 혹은 참여자의 안전을 위해 안전지역 범위를 명확히 설정하는 것은 매우 중요하며, 그 방법 또한 합리적이어야 한다.
2. 안전지역 설정에 대한 계산식을 구했으며, 해당 로켓의 총 추력, 로켓의 자중, 연소 시간

- 에 따라 그 범위가 정해짐을 알 수 있었다.
3. 모든 로켓 발사 행사는 원활하고 안전하게 진행되기 위해서 총 책임자 및 진행자들에 대한 권한 및 책임 강화가 절실히 요구된다.
  4. 또한 이를 실현하기 위해서는 Rocket Launching Manual이 필요하다.
  5. Rocket Launching Manual은 Rocket Setup Manual과 Rocket Motor Manual으로 구성된다.
  6. 로켓 점화장치를 원격 시스템으로 제작할 경우에는 반드시 제어 신호의 암호화가 필수 사항이 되도록 규정해야 한다.

본 논의는 단순한 논의로만 끝나는 것이 아니라 대한민국의 모든 아마추어 로켓티어들의 생각을 다시 담아 미국의 NAR과 HIAA의 규정과 같이 좀 더 강한 강제력과 보편성을 갖춘 한국형 아마추어 로켓 안전 수칙이 탄생하는데 디딤돌이 되었으면 한다.

## 7. 향후 계획

본 연구를 수행하면서 로켓 안전에 대한 규정에 있어서 단순한 경험적 근거 보다는 좀 더 치밀하게 계산된 규정들이 필요하다고 판단되었다. 특히 발사장 관리 부분에서 각 역할별로 효율적으로 운영하는데 필요한 인원에 대한 예측이 가능하다면 좀 더 치밀한 행사를 진행할 수 있을

것이며, 규모가 큰 발사회 행사를 진행하게 될 경우 안전과 원활한 행사진행을 위해서는 꼭 명문화 되어 있어야 할 부분이기도 하다. 그래서 본 연구에 이어 효율적이고 안전한 로켓 발사 대회 운영을 위한 조직 구성 및 운영 방법에 대해 연구해 볼 생각이다.

## 참고 문헌

1. 인하로케트연구회(INHA Rocket Research Institute), "소형로켓 안전수칙", 동아리 홈페이지 자료실 149번, 2002
2. 전국 대학교 로케트 연합회(The National Universities' Rocket Association, N.U.R.A.), "안전 수칙", 2006. 4. 8.
3. National Association of Rocketry(NAR), "Model Rocket Safety Code", <http://nar.org/NARmrsc.html>, 2001. 2.
4. National Association of Rocketry(NAR), "High Power Rocket Safety Code", <http://nar.org/NARhpsc.html>, 2006. 3.
5. 김명구, "모델 로케트", 도서출판 한승, 2001. 4.
6. 인하로케트연구회, "로케트 概論", 인하로케트연구회, 1990. 4.
7. J. Barkley Rosser, Robert R. Newton, George L. Gross, "Mathematical Theory of Rocket Flight", McGraw-Hill Book Company, 1947.