

# 구역대비법에 의한 로켓인공강우작업효과성평가

김철, 황룡호

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리 나라 자연환경에 대한 과학적자료에 따라 리용할수 있는 온갖 조건들을 인민경제건설에 리용하며 자연부원개발사업을 널리 하여야만 우리의 인민경제를 비약적으로 발전시킬수 있습니다.》(《김일성전집》 제14권 487페이지)

인공강우에 대한 과학적이며 객관적인 효과성평가방법의 수립은 일기조종활동의 조직과 설계에서 어려운 기술공정의 하나로 되고있으며 많은 나라들에서 이에 대한 연구[1]들이 심화되고있다.

본문에서는 로켓인공강우작업의 효과성을 평가하기 위한 한가지 방법에 대하여 서술하였다.

## 1. 효과성평가의 이론적기초

인공강우작업후 최종적으로 관심하는 문제는 강수량증가이다.

자연강수의 시공간적가변성이 매우 큰것으로 하여 구름에 대한 인공적촉진작용효과는 일명 《잡음》이라고 볼수 있는 자연강수의 변화속에 묻히게 된다.

효과성평가목적은 바로 이러한 《잡음》속에 묻힌 인공적작용효과에 대한 정보를 알아내는 기술 즉 인공적촉진작용후에 강수량이 명백히 증가되었는가, 증가되었다면 어느 정도 증가되었으며 작용전과 후에 구름의 거시 및 미시물리적특성량들의 뚜렷한 변화가 발생하였는가 등을 정량적으로 분석평가하는데 있다.

효과성평가에서는 인공강우작업후 강수량에서의 실제적인 변화량에 대한 정량적분석과 함께 구름두께, 면적, 상승속도, 레이다반사파, 구름지속시간 및 빙정수농도, 립자스펙트럼 등 구름강수의 거시 및 미시물리량들의 변화 등에 대한 분석내용들을 포함한다.

전자는 인공강우에 대한 간접적효과로 되면서도 최종효과로 된다면 후자는 인공강우의 직접적 혹은 물리적효과로 된다. 량자는 원칙상 일치되어야 하지만 최종적인 효과가 받는 영향인자 및 시공간분포의 복잡성으로 하여 실제상 그것들간에 존재하는 상관관계로 표시된다.

실례로  $y$ 를 작업후의 강수량,  $y_0$ 을 작업전의 자연강수량이라고 하면 인공강우작업효과는 다음식으로 표시된다.

$$E = y - y_0 \quad (1)$$

혹은 
$$R = [(y - y_0) / y_0] \times 100 \quad (2)$$

여기서  $E$ 는 절대증우효과,  $R$ 는 상대증우효과이다.

만일  $y > y_0$ 일 때 정의 효과,  $y < y_0$ 일 때 부의 효과를 반영한다.

실제상 두 변량  $y$ 와  $y_0$ 은 동시에 관측할수 없다. 즉 작업후에  $y$ 값은 측정할수 있지만

$y_0$ 은 측정할수 없으며 반대로 작업전의  $y_0$ 을 측정할수 있지만  $y$ 를 측정할수 없다. 때문에 인공강우효과평가에서는 각종 간접적인 경로를 통하여  $y_0$ 에 대한 정량적인 계산을 진행한다.

$y_0$ 을 계산하는 방법에는 물리적검증방법과 통계적진단방법 두가지가 있는데 현재 수리통계적방법에 기초한 평가방법이 널리 리용되고있다.

## 2. 구역대비법에 의한 인공강우효과성평가

구역대비법은 매 차의 인공강우작업구역의 바람맞이쪽 방향과 바람그늘쪽 방향을 경계로 대비구역과 영향구역을 설정하고 매 구역의 강우량을 통계분석한 다음 서로 비교하여 최종적으로 인공강우작업효과성과 리익을 계산하는 방법이다. 구체적인 공정과 평가방법[2]은 다음과 같다.

### ① 영향구역과 대비구역의 선정원칙

영향구역은 인공축매제살포작업의 영향을 직접적으로 받는 지역으로서 일반적으로 작업지점의 바람그늘쪽에 위치한다. 한편 대비구역은 살포작업의 영향을 거의나 받지 않는 지역으로서 보통 다음의 요구를 만족하도록 선정한다.

첫째로, 인공축매제살포의 영향을 받지 말아야 한다. 즉 대비구역은 응당 살포작업의 바람맞이쪽 방향 혹은 바람방향에 수직인 면에 선정하여야 한다.

둘째로, 지형, 면적은 영향구역과 유사하여야 하며 여기서 기본은 지형에 따르는 강수량차이를 제거하여야 한다.

셋째로, 작업기간 두 구역이 받는 일기계통의 영향 및 강수류형이 같아야 한다.

넷째로, 두 구역에는 조밀한 강수관측점이 있어야 한다.

### ② 영향구역면적계산

인공강우작업에 따르는 영향구역면적은 다음과 같이 계산한다.

$$S = L \cdot K \quad (3)$$

여기서  $L$ 은 로케트인공축매제살포길이(유효살포길이, 5km),  $K$ 는 인공축매제살포선의 유효확산폭으로서 바람속도, 영향시간 등에 의해 결정된다. 상층바람방향은 고층관측점의 500, 700, 850hPa층의 합성바람을 리용하며 영향시간은 보통 1~3h로 취한다.

우와 같은 방법으로 영향구역이 확정되면 영향구역의 반대쪽(바람맞이쪽)에 동일한 면적을 가진 대비구역을 선정한다.

다음 영향구역과 대비구역의 강수량을 관측하여 평균강수량  $y, y_0$ 을 각각 계산한다. 이때 인공증우량은 다음과 같이 계산된다.

$$Q = 0.1(y - y_0)S \quad (4)$$

여기서  $Q$ 의 단위는 만t,  $y$ 와  $y_0$ 의 단위는 각각 mm,  $S$ 의 단위는  $\text{km}^2$ 이다.

## 3. 구역대비법의 응용

### ① 영향구역과 대비구역의 선정

영향구역 하나의 로케트작업지점에 의해 형성되는 작업영향구역은 그림에서 보는바와 같

이 하나의 직4각형구역을 형성하며 살포선은 이 4각형구역의 측면경계에 위치한다.

보통 로케트살포자리길은 촉매제의 살포효과가 최대로 나타나는 구름이동방향에 수직이 되도록 설계한다.

한편 수평확산폭은 레이다로 관측한 구름이동속도와 영향시간으로 확정한다. 영향시간을 보통 1~3h로 취하면 이때 수평확산폭  $K$ 는

$$K = v \cdot t \quad (5)$$

여기서  $v$ 는 구름의 이동속도, 단위는 km/h,  $t$ 는 영향시간이다.

그림에서와 같이 구름의 이동방향을 남서-북동방향, 이동속도( $v$ )는 20km/h, 로케트유효살포선의 길이( $L$ )는 5km, 영향시간( $t$ )을 대략 1h라고 가정하여 북서방향으로 1기의 로케트를 발사한다면 영향구역범위는 대략

$$S = L \cdot v \cdot t = 5 \cdot 20 \cdot 1 = 100(\text{km}^2)$$

와 같다.

만일 북서, 남동방향으로 각각 1기의 로케트를 발사하면 영향구역의 범위는  $2L \cdot v \cdot t = 200(\text{km}^2)$ 로 된다.

대비구역 영향구역의 반대쪽 바람맞이구역내에 영향구역과 같은 면적을 가진 대비구역들을 선정한다.

## ② 영향구역과 대비구역의 평균강우량계산

만일 1h후 영향구역과 대비구역내에서 관측된 매 관측지점의 강수량이 표 1, 2와 같이 주어졌다고 하자.

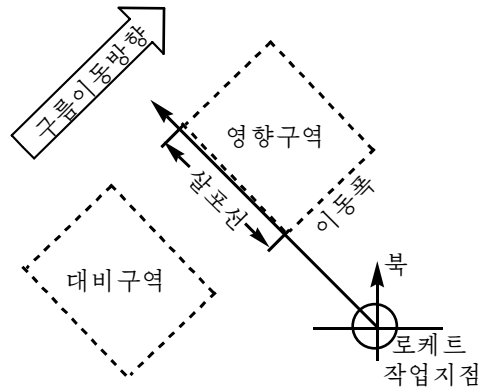


그림. 영향구역과 대비구역의 선정

표 1. 영향구역의 강수량관측자료

관측지점	강수량/mm	관측지점	강수량/mm
1	0.5	7	0.8
2	0.3	8	0.4
3	0.3	9	0.3
4	0.6	10	0.4
5	0.7	11	0.7
6	0.5		

표 2. 대비구역의 강수량관측자료

관측지점	강수량/mm
1	0.2
2	0.3
3	0.7
4	0.2
5	0.3
6	0.3
7	0.2

영향구역과 대비구역의 면적을 각각  $500\text{km}^2$ 로 정하고 표를 리용하여 영향구역과 대비구역의 평균강우량을 각각 계산(0.5, 0.3mm)한다.

이것을 리용하면 다음식에 의하여 절대증우량(0.2mm)과 상대증우량(66%)을 평가할 수 있다.

$$\Delta y = y - y_0$$

이때 식 (4)에 의하면 인공강우작업에 의한 영향구역총증수량은 10만t으로 된다.

## 맺 는 말

구역대비법은 관측수단이나 과거실험자료가 없거나 부족한 지역들에서 인공강우작업을 진행하는 경우 그 효과성을 검증하는 방법의 하나로서 이 방법을 적용하는데서 관건적인것은 영향구역과 대비구역을 합리적으로 선정하는 문제가 중요하게 제기된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 张培昌 等; 人工影响天气培训教材, 气象出版社, 58~75, 2005.
- [2] 黄美媛 等; 火箭人工影响天气技术, 气象出版社, 35~90, 2008.

주체106(2017)년 11월 5일 원고접수

## **Estimation of Artificial Rainfall Work by Rocket by Means of District Comparison Method**

*Kim Chol, Hwang Ryong Ho*

The district comparison method is one of the effective methods of confirming the effectiveness of artificial rainfall work by rocket when we do such work in the areas where there are no or insufficient observation mean or the previous experiment data. What is important is to rationally choose the effected and the comparison area.

Key words: artificial rainfall, rocket, evaluation of effectiveness