

레이다 영상을 통한 황사와 태풍 분석

노수현*, 이우경*

Analysis for Yellow Sand and Typhoon by Radar Image

Soo-hyun Rho*, Woo-kyung Lee*

요약

최근 이상 기상현상의 증가와 함께 일기예보의 중요성은 점점 커져가고 있다. 본 논문에서는 특수한 기상 환경에서의 일기예보를 수행하기에 적합한 레이더 영상 분석 관측을 다룬다. 특히 2007년 봄의 황사와 2006년 강원도 지방에 집중호우를 일으킨 제3호 태풍 에위니아를 레이더 영상을 통해 분석하고자 한다. 우리 나라에서는 해마다 황사현상의 빈도와 농도가 증가하고 있으며, 집중호우를 동반한 태풍 때문에 큰 피해를 입고 있기 때문에 레이더 영상을 이용한 기상환경 분석은 점차 중요해 질 것으로 예측된다. 봄철에 가장 많이 발생하는 황사는 우리나라에 가장 크게 영향을 미치는 것이 만주지방에서 발생한 것인데, 굉장히 작은 입자들로 형성되어 있기 때문에 이동속도도 빠르고, 직접적으로 우리나라에 피해를 입히는 경우도 많은 것으로 파악된다. 또한 태풍의 크기와는 상관 없이 집중 호우를 동반하고 있는 기상현상에 대해서는 레이더 영상뿐만 아니라 기압도도 참고로 하여 분석하는 것이 더 필요할 것으로 생각된다. 인공위성 영상을 직접 분석하여 태풍이나 황사의 이동 경로를 예측해 보고, 실제로 예측 결과가 맞는지 확인하는 작업을 수행함으로써, 정량적인 기상 예보 가능성을 추론해볼 수 있을 것이다. 자연 재해로 인한 피해를 줄이고 더 큰 인재로 확산되는 것을 방지하고자 하는 수단으로써 레이더 영상 분석을 동반하는 인공위성 영상 활용은 점차 그 가치가 높아질 것으로 예상된다..

Key Words : Radar, Radar image, Yellow Sand, Typhoon, Analysis

ABSTRACT

With the increasing events of natural disasters caused by unpredictable atmospheric movements, the importance of weather forecasting is increasingly emphasized. In this paper, we adopt satellite radar imageries to deal with unusual weather events over Korean region including yellow sand that swept over Korea in spring 2007 and typhoon EWINIAR in 2006. Korea has suffered from these natural events with increasing frequencies over last decades and the satellite radar imaging is considered the most appropriate method to track and analyze the characteristics of the events spanning from mainland China to Japan. The yellow sand mostly comes from Manju area in China and consists of tiny particles so that they move with high speed resulting in difficulty in predicting their moving paths. With the use of various radar images taken at regular time intervals, we could possibly derive the expected movement of the yellow sand particles. In the future, with the help of radar images taken at very short intervals, satellite radar image analysis will become a very useful tool to predict and prepare for the natural disastrous events caused by abrupt change in the atmosphere and deserts around Korea.

I. 서론

현대사회에서 일기예보의 중요성은 날로 커져가고 있다. 이러한 일기예보를 물리법칙에 따라 객관적인 방법으로 수행할 수 있게 된 것은 현대과학의 큰 업적들 중 하나이다. 짧은 시간의 예보뿐만 아니라 황사나 태풍과 같은 일시적인 일기 예보의 경우에도 대단히 많은 작업을 필요로 한다. 일기예보를 하기 위해서는 여러 작업

단계를 거쳐야 하는데, 기상자료를 관측하고 수집해서 현재 상태를 정확하게 파악할 수 있도록 분석을 해야 하며, 그 후 여러 가지 예보방법으로 다가오는 날씨를 예보한다. 일기예보를 하기 위해서는 기상 관측이 필수적인데, 이 기상 관측을 하는 방법은 기상 관측소, 해상 선박, 고정부표, 기상 로켓, 레이더 관측 등으로 굉장히 다양하다. 이번 연구는 이 중에서 레이더 관측을 통한 황사와 태풍에 관한 영상을 분석하는 것이다.

* 한국항공대학교 항공전자및정보통신공학부 위성전자및통신시스템 연구실(whitegoosle@naver.com, wklee@kau.ac.kr)
 논문번호 : 논0801-16, 접수일자 : 2008년 6월 13일, 최종게재논문통보일자 : 2008년 6월 23일

최근에 황사현상은 자연현상의 범위를 넘어서 자연재해의 영역으로 간주되고 있다. 황사는 자연적으로 발생하는 대표적인 오염 물질로써 한 번 발생되면 수백, 수천 킬로미터의 중·장거리로 이동하여 대기 환경에 큰 영향을 주기도 한다. 또한 한반도 주변 지역은 대기오염 물질 배출량이 많은 나라가 밀집되어 있으므로 이에 따른 대기 오염물질의 장거리 이동 가능성은 매우 높다. 따라서 황사의 정량적인 예보가 사회적인 관심사로 떠오르고 있으며, 황사 예측에 관한 필요성과 중요성이 대두되고 있는 실정이다.

최근 들어 우리나라를 찾아오는 태풍의 경우 많은 비와 국지적으로 게릴라성 호우를 동반하는 경우가 많아지면서 그에 따른 인적, 물적 피해도 크게 나타나고 있다. 따라서 이러한 태풍의 발생과 경로에 관한 분석이 필요한 실정이며, 이러한 분석을 통해 태풍 피해를 줄일 수 있도록 하는 것이 사회적인 관심사이다. 따라서 이번 연구에서는 레이다 영상을 통한 2007년 봄의 황사 분석, 2006년 태풍 에위니아에 대한 분석을 하고자 한다.

II. 황사 분석

황사와 관련된 기상 현상에 대해 정량적인 분석을 수행하는 것은 매우 어려우며 따라서 실험적인 측정치를 추출하여 이를 분석하는 것이 일반적이다. 1993년과 1994년에 걸쳐 발생한 국내 황사를 분석한 결과 중국으로부터 날라오는 황사는 고도 약 1000~3000m에서 약 60만km²의 면적에 걸쳐 퍼져있고 그 총량은 150만톤에 육박한 것으로 나타났다. 1999년도에 측정된 결과에서는 고비 사막에서 발생한 황사가 한반도 상공을 지나갈 때 약 시속 70km로 이동하는 것으로 관측되었다[Amar 2004].

황사가 한반도에 미치는 영향은 호흡기 질환과 같은 건강문제에서 환경오염, 가시거리단축에 따른 교통 문제 등 수없이 많으며 정확한 황사의 추적 및 경로 예측은 매우 중요한 문제가 되었다.

황사의 이동은 입자의 크기, 바람의 세기, 표면압력, 공기저항, 지구중력 등 매우 다양한 요소들에 영향을 받아 결정된다. 따라서 특정한 시간 및 장소에서의 속도를 정량적으로 계산하는 것은 매우 어려우며 간단한 모델로 압축하여 나타내는 것이 보통이다[Park and In 2003]. 황사를

유발하는 바람의 속도는 3시간 간격으로 측정된 값을 기준으로 하여 결정된다.

황사의 속도나 위치, 성분 분석을 위해서는 보통 지상에 설치된 관측 장비를 통해 직접 측정된 정보를 사용한다. 이러한 방식은 근접한 지역에서 보다 정확한 정보를 줄 수는 있지만 광범위한 영역에서 황사에 대한 총체적인 관찰 및 장기간에 걸친 예측을 수행하기 어렵다. 따라서 인공위성을 통한 지속적인 관측이 필요하게 된다.

그림 1은 레이다 영상에서의 우리나라 모습을 표시한 것이다. 한반도의 실제 크기는 남북 약 1000km 인데, 영상에서의 한반도 크기는 약 2.5cm로 $2.5\text{cm} : 1000\text{km} = 1 : 40000000$ 이라는 축적을 구할 수 있다. 이 축적을 통해, 우리나라까지 황사가 도달하는데 걸리는 속도를 계산할 수 있으며, 우리나라 면적이 23만km²이라는 것을 통해서도 우리나라에 영향을 미치는 황사의 면적을 조사할 수 있다.

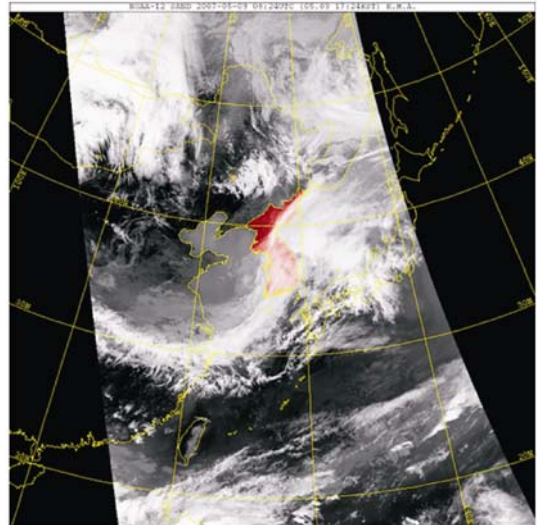


그림 1. 위성 레이다 영상으로 본 한반도

그림 2의 영상에서 노란색으로 또는 짙게 보이는 부분이 황사로 관측되었고, 이에 대한 면적을 조사해보았다. 영상에서의 황사는 가로가 2cm, 세로가 1cm로서 이것을 그림 1에서 구한 축적으로 실제 크기를 계산하면 가로가 800km, 세로가 400km로서 황사의 실제 면적이 약 32만km²라는 것을 계산할 수 있었다. 그림 2의 영상을 통해 한반도를 덮을 만큼의 굉장히 큰 규

모의 황사가 한반도의 북서쪽인 만주지방에서 발생하였음을 알 수 있다.

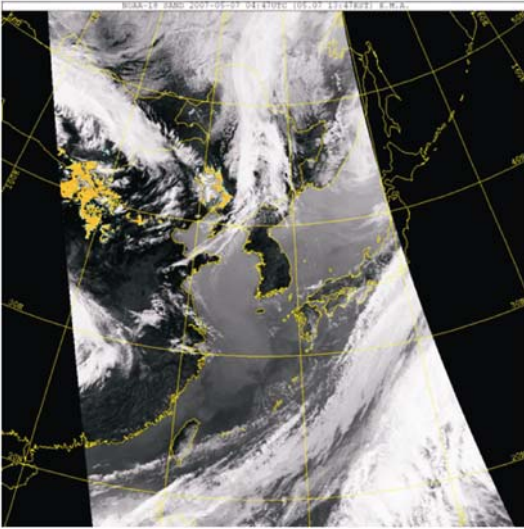


그림 2. 2007.5.7.13:47 영상

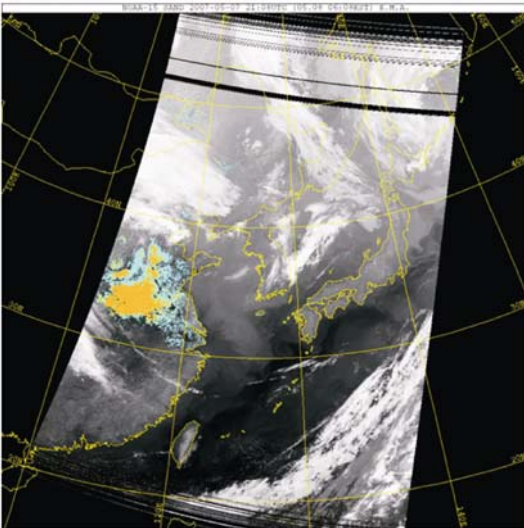


그림 3. 2007.5.8.06:08 영상

그림 3 의 영상을 보면 황사의 크기가 가로 2.5cm, 세로 2.5cm 로 가로와 세로의 실제 길이가 약 800km 임을 알 수 있다. 이를 통해 면적을 구해보면 약 64 만km²으로서, 이는 통상적인 황사의 면적이라고 할 수 있으며 그림 2 의 5 월 7 일 영상보다 황사의 면적이 더 커졌음을 알 수 있다. 황사의 세력범위가 더 넓어지면서, 우리나라와 좀 더 가까워졌음을 영상을 통해 볼 수 있다.

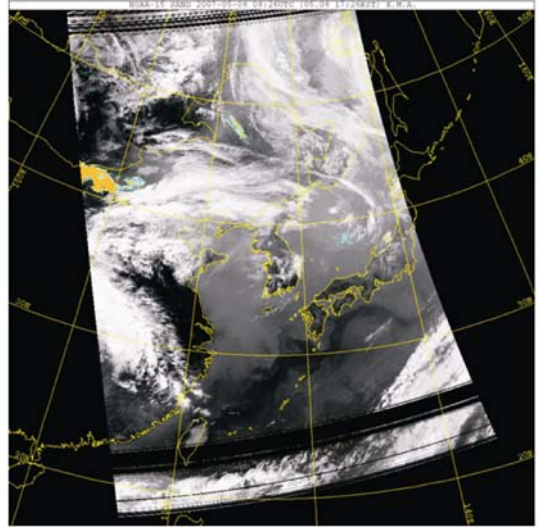


그림 4. 2007. 5. 8. 17:26 영상

그림 4 의 영상을 보면 구름의 영향으로 우리나라 주변의 황사 분포가 영상으로 제대로 나타나지 않는다. 황사 분포가 구름에 가려진 부분에 있을 것으로 추측은 되지만, 영상으로 나타나지 않았기 때문에 단정짓기는 어렵다. 실제로 한반도에서 5 월 9 일에는 비가 왔으며, 그 전날이었던 5 월 8 일에도 한반도 주변에 구름이 많았기 때문에 이러한 조건에서는 황사의 분포를 정확하게 추출할 수 없다.

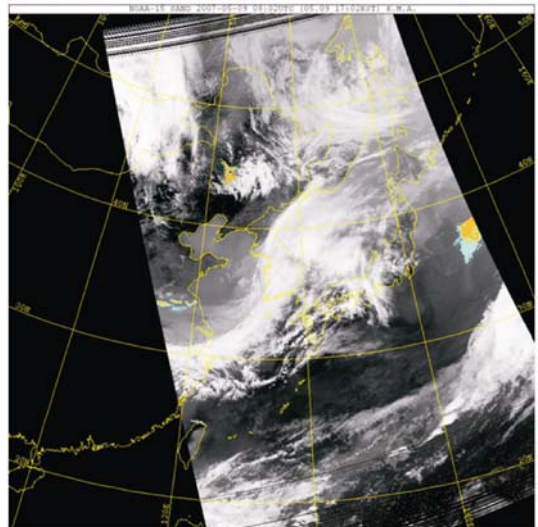


그림 5. 2007. 5. 9. 17:02 영상

그림 5 에서 보면 기상환경 때문에 한반도 주

변에 구름이 굉장히 많은 것이 관측된다. 또한 영상 사진 우측으로 황사 분포가 살짝 보이며, 이를 통해 5월 9일 오후를 기해서 한반도가 황사의 영향에서 벗어났음을 알 수 있다.

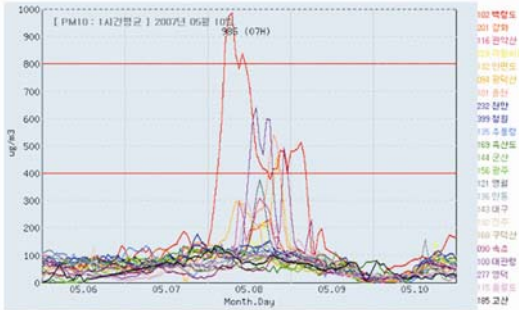


그림 6. 황사 농도 분포 그래프

실제로 그림 6에서 2007. 5. 6 ~ 2007. 5. 10의 황사농도 분포 그래프(출처: 기상청)를 보면 황사의 영향권이었던 5월 8일에 황사의 농도가 굉장히 높다는 것을 그래프를 통해서 확인할 수 있다.

다음으로는 레이다 영상을 통해 황사의 이동 속도를 계산해보았다. 그림 2와 그림 3을 비교하여 황사 중심부의 이동거리(직선거리)를 구해보면 약 3cm로, 축적을 통해 변환시키면 실제 거리가 1200km라고 구할 수 있다. 그림 간의 시간차는 16시간 21분(≈약 16.3시간)이고, 속도는 $1200\text{km}/16.3\text{시간} = 73.62\text{km/h}$ 이다. 이는 1999년도에 고비사막에서 측정된 황사의 이동 속도 70km와 거의 유사하다.

그림 3과 그림 4의 영상을 같은 방법으로 속도를 구해보면 $1200\text{km}/11.3\text{시간} = 106.19\text{km/h}$, 그림 4와 그림 5의 영상을 같은 방법으로 속도를 구하면 $3600\text{km}/23.5\text{시간} = 153.19\text{km/h}$ 로 구할 수 있다. 이를 통해, 황사의 속도가 시간이 지날수록 점점 빨라졌음을 알 수 있다.

시간대별로의 영상을 종합하여 황사의 이동 경로를 조사해보면, 그림 7과 같음을 알 수 있다.

5월 7일부터 5월 9일까지의 황사의 영상들을 종합해보면, 만주지방에서 발생한 황사는 우리나라를 관통하여 태평양쪽으로 이동하였다. 2007년 5월에 만주 지방에서 발생한 황사는 그 입자가 약 1~10 µm로 굉장히 작은 입자였기 때문에 이동속도가 굉장히 빨랐을 것으로 추측된

다. 또한 황사의 이동속도가 점점 빨라진 것은, 5월 9일 날씨에서 나타난 비구름의 영향을 받았기 때문에 추측해볼 수 있다.

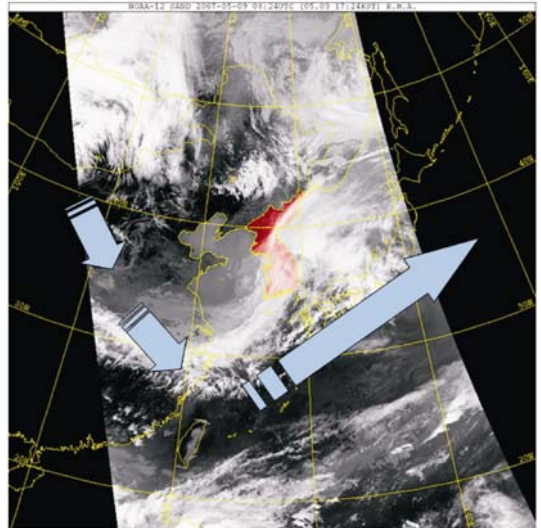


그림 7. 황사의 이동경로

III. 태풍 분석

2006년 제 3호 태풍 에위니아는 7월 1일 오전 3시에 미국 괌 남서쪽 약 1010km 부근 해상에서 발생하였다. 이후 에위니아는 북서-북북서진을 하며 발달하였고, 태풍의 세력이 조금씩 약해지면서 7월 10일 정오에 목포 부근에 상륙하였다. 이후 서해안을 따라 북상하여 오후 10시에 소멸하였다.

태풍 자체의 피해는 그리 큰 편은 아니었으나, 집중호우를 동반하여 피해가 커졌다. 이로 인해 강원도 인제군과 경상남도 진주시 등 18개 시·군은 특별재난지역으로 지정되었다.

그림 8을 보면 우리나라의 남서쪽에 태풍이 위치하고 있다는 것을 알 수 있다. 7월 1일 괌에서 발생한 태풍이 7월 7일에는 우리나라의 남서쪽까지 올라왔다. 태풍의 크기를 축적을 통해 조사해보면, 태풍을 형성하고 있는 구름의 크기가 직경 약 2000km 정도인 것을 알 수 있다. 실제로 기상청에서 태풍의 최대 직경은 750km라고 하였는데, 여기서 태풍의 직경은 태풍을 형성하고 있는 주변의 구름들까지 모두 계산한 것을 이야기한다.

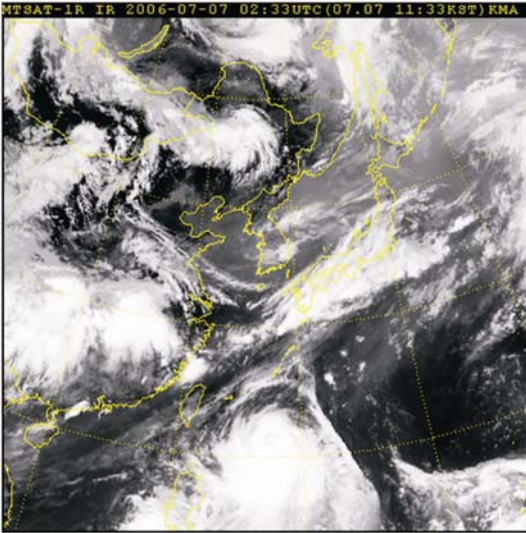


그림 8. 2006. 7. 7. 11:33 영상

다음과 같이 그림 9의 영상을 보면 그림 8의 영상과 비교하여 우리나라 쪽으로 조금 더 북상하였음을 알 수 있다. 그러나 7일의 영상과 비교하였을 때, 태풍의 크기는 직경 약 1800km 정도로서, 태풍의 세력은 조금 더 약해졌음을 알 수 있다.

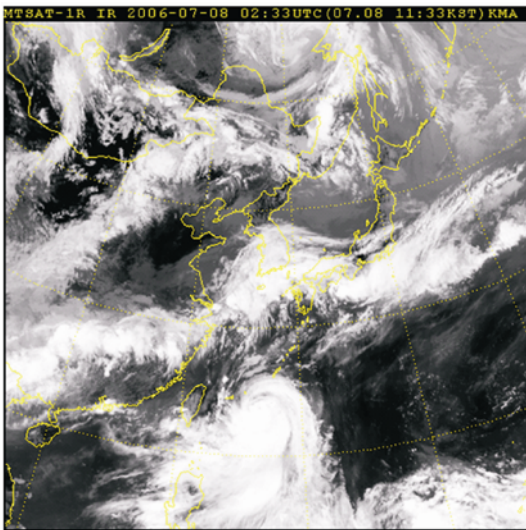


그림 9. 2006. 7. 8. 11:33 영상

그림 10의 영상을 보면 태풍이 거의 우리나라의 제주도 지역에 다다르고 있고, 세력도 8일에 비해 조금 커졌음을 알 수 있다. 직경이 약 2000km 정도로서, 7일의 태풍과 세력이 거의 비

슷하다. 또한 일본이 태풍의 오른쪽에 위치함으로써, 위험지역으로 분류되는 위치에 있다.

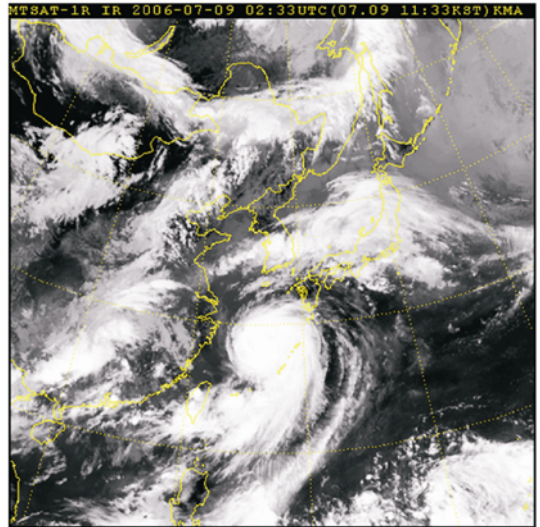


그림 10. 2006. 7. 9. 11:33 영상

다음으로 그림 11에서의 영상을 보면 태풍이 한반도 전체에 걸쳐 나타남을 알 수 있다. 태풍의 오른쪽이 위험 지역이기 때문에 강원도와 경상도 지역에 피해를 줬을 것으로 예상된다. 영상을 통해서 예상한 결과지만, 실제로도 강원도와 경상도 지역에 집중호우를 동반하여 큰 피해를 가져다 주었다. 태풍의 직경은 1000km 정도로 그림 8, 9, 10에 비해 태풍의 세력이 많이 약해졌다.

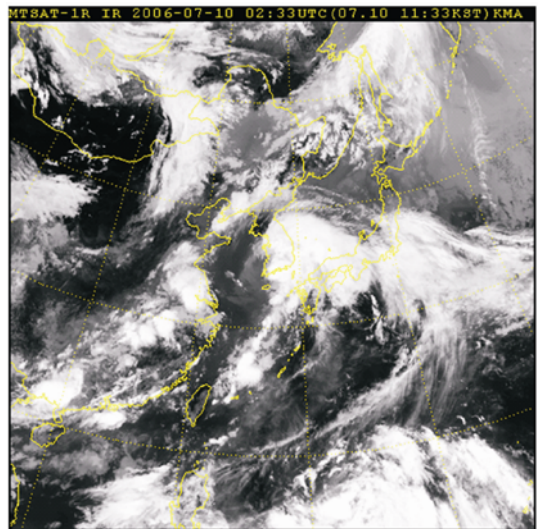


그림 11. 2006. 7. 10. 11:33 영상

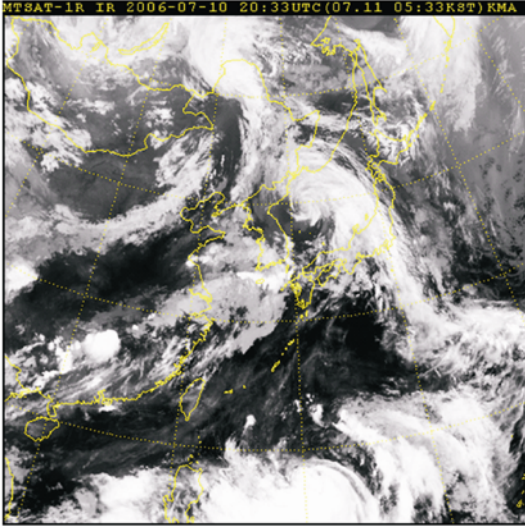


그림 12. 2006. 7. 11. 05:33 영상

그림 12의 영상을 살펴보면 우리나라가 태풍의 영향권에서 완전히 벗어났음을 알 수 있다. 실제로도 10일 오후 10시에 소멸되었으며, 이 영상에서 나타난 구름은 태풍이 아닌, 단순한 구름으로 여겨진다.

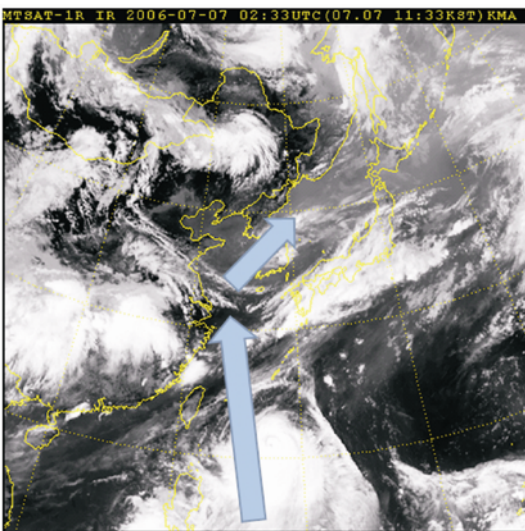


그림 13. 태풍의 이동경로

태풍의 이동경로는 그림 13과 같이 나타낼 수 있다. 우리나라 남서쪽에서 북상했던 태풍에 위니아는 목포 지방에 상륙한 후, 우리나라를 관통하여 태평양쪽으로 빠져나갔다. 이러한 움직임

을 가지고 태풍의 이동속도를 계산해보았다. 그림 8과 그림 9는 하루 차이긴 하지만 이동거리의 변화가 거의 없기 때문에 속도를 구하는 것은 생략하였다. 그림 9와 그림 10의 경우, 태풍 중심의 직선거리를 구하면 약 1.7cm로, 축적(1:10000000)을 통해 변환하면 1700km가 나온다. $1700\text{km}/24\text{h} = \text{약 } 70.83\text{km/h}$ 의 속도로 이동하였다는 결론이 나온다. 그림 10과 그림 11을 비교하였을 경우에는 $1500\text{km}/24\text{h} = 62.5\text{km/h}$, 그림 11과 그림 12의 이동속도를 구하면 44.45km/h 로 태풍의 속도가 7월 8일부터 11일까지 점점 느려졌음을 알 수 있다.

IV. 결론

우리나라의 봄과 여름에 가장 크게 영향을 미치는 황사와 태풍에 대해서 레이더 영상을 활용하여 관측하고, 분석함으로써, 일기예보를 통해서만 볼 수 있었던 기상에 대해 직접 추측하고 분석한 후, 일기예보와 확인할 수 있었다.

봄철에 가장 많이 발생하는 황사는 우리나라에 가장 크게 영향을 미치는 것이 만주지방에서 발생한 것인데, 굉장히 작은 입자들로 형성되어 있는 황사 때문에 이동속도도 빠르고, 직접적으로 우리나라에 피해를 입히는 경우도 많을 것으로 생각된다.

본 논문에서는 위성을 통해 획득된 영상정보만을 사용하여 황사의 이동 경로 및 속도를 분석하였는데, 향후에는 지상에서 측정된 정보를 함께 분석하고 이를 이론적인 속도 모델에 대입하여 황사의 이동 정보를 미리 예측할 수 있는 방안을 추가적으로 연구할 필요가 있을 것이다.

또한 최근 집중 호우를 동반하는 태풍이 많이 발생하고 있는데, 태풍의 크기와는 상관 없이 집중 호우를 동반하고 있기 때문에 레이더 영상뿐만 아니라 기압도도 참고로 하여 분석하는 것이 더 필요할 것으로 생각된다.

레이더 영상을 통한 일기 예보 분석을 통해, 조금 더 뛰어난 기술력을 가진 기상 레이더를 개발하고, 지금보다 더 좋은 환경에서 사용함으로써, 자연적으로 발생하는 재해를 더 큰 인재로 발전하지 않게 미연에 방지하는 것이 필요하다고 생각된다.

참고 문헌

[1] 윤용황, “한반도에 수송되는 황사의 특징

에 관한 연구” , 한국기상학회지 26, 2, pp. 111-120, 1990

[2] 전영신, 조경숙, 김영화, 이종국, “만주에서 발원한 황사 현상” , 한국기상학회지 39, 2, pp. 251-263, 2003

[3] 박중화, “위성으로 본 태풍” , 기술정보, pp.96-105

[4] Amal Kar, Kazuhiko Takeuchi, “Yellow dust: an overview of research and felt needs” , Journal of Arid Enviroments 59, 2004, pp167-187

기상청 홈페이지, <http://www.kma.go.kr>

저 자

노 수 현 (Soo-hyun Rho)



2004년 3월: 한국항공대학교
항공전자공학과 입학

2008년 2월: 한국항공대학교
항공전자공학과 졸업

<관심분야> Radar 공학,
안테나 공학, 통신
시스템, 이동통신

이 우 경 (Woo-kyung Lee)



1994년 : KAIST 전자과 학사

1996년 : KAIST전자과석사

1999년 : 영국런던대(UCL)
박사

1999년 : KAIST인공위성센터
연구교수

2003년 1월~2004년 8월 :
삼성종합기술원책임연구원

2004년 9월~현재 : 한국항공대학교 항공전자
및 정보 통신공학부 조교수

<관심분야> 인공위성 SAR 전자시스템, 위성통신
시스템, 레이더 신호처리