

북한 학술지에 실린 태양 연구 활동 분석 ANALYSIS OF SOLAR RESEARCH ACTIVITIES PUBLISHED IN NORTH KOREAN JOURNALS

김수진, 양홍진[†], 정종균, 임인성
한국천문연구원

SUJIN KIM, HONG-JIN YANG[†], JONG-KYUN CHUNG, AND INSUNG YIM
Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon 34055, Korea

E-mail: hjyang@kasi.re.kr

(Received June 04, 2021; Revised June 08, 2021; Accepted June 15, 2021)

ABSTRACT

We have analyzed 42 research papers regarding on the solar astronomy written by North Korea scientists to investigate the current status of astronomical activities in North Korea. The papers are surveyed from the ‘Bulletin of Astronomy’, the ‘Physics’, the ‘Bulletin of Academy of Science’, and the ‘Natural Science’ in North Korea, and SCI journals. In addition, we refer to the presentation material announced in the 2015 IAU by director of Pyongyang Astronomical Observatory (PAO) and the 2013 OAD/IAU reports. We have analyzed the papers statistically according to three criteria such as research subject, research field, and research members. The main research subjects are the sunspot (28%), observation system (21%), and space environments (19%). The research fields are distributed with data analysis (50%), numerical method (29%), and instrument development (21%). There have been 25 and 9 researchers in the solar astronomy and space environment, respectively since 1995. North Korea’s solar research activities were also investigated in three area: instrument, solar physics, and international research linkage. PAO has operated two of sunspot telescope and solar horizontal telescope for spectroscopy and polarimetry, but there is no specific information on solar radio telescopes. North Korea has cooperated in solar research with Europe and China. We expect that the results of this study will be used as useful resource in supporting astronomical cooperation between South and North Korea in the future.

Key words: North Korean Astronomy, Solar Astronomy. Pyongyang Astronomical Observatory, Bulletin of Astronomy, inter-Korean Astronomical cooperation

1. 서론

남북한은 분단 이후 오랜 기간 서로 교류나 협력이 단절된 상태로 지내왔으며 과학기술 분야에서도 그 이질성이 심화되고 있다. 그동안 정부와 민간에서는 남북교류의 확대와 활성화를 위해 많은 노력을 하고 있다. 과학기술 분야에서 남북협력은 서로의 지식을 공유하고 협력함으로써 민족의 화해와 동질성 회복에 중요한 역할을 할 수 있으며, 남북 공동 기술개발 및 활용에도 유용하다.

천문학은 순수 기초학문으로 다른 과학기술 분야에 비해 연구의 대상이 명확하고, 비정치적인 분야로 남북 과학기술협력의 기반을 구축하는데 중요한 학문 분야이

다. 본 연구에서는 천문학 분야 중에서, 현재 북한에서 가장 활발하게 연구되고 있는 태양천문학 분야의 논문을 조사하여 북한의 연구 활동 현황을 분석하였다. 태양은 지구와 가장 가까운 별로서 우리 생활에 직접 영향을 미치는 중요한 천체이다. 본 연구는 향후 남북 천문분야의 협력을 위한 방안으로 태양 분야와 관련 있는 우주환경 연구 자료도 함께 포함하여 분석하였다.

평양천문대는 1950년 중앙기상대의 ‘천문부’로 발족하여 1957년 독립연구기관으로 분리된 북한의 국가천문대이다. 북한의 천문학 연구는 평양천문대를 주축으로 이루어지고 있다. 1957년 3월에 창립된 평양천문대는 국가과학원 직속 기관으로 평양에서 북동쪽으로 20 km 떨어진 평양시 대성구역 대성릉에 위치하고 있다. 평양

[†] 교신저자

천문대 정석 대장이 2012년 국제천문연맹 총회에서 발표한 바에 따르면 평양천문대의 연구 분야는 이론천문, 태양-지구물리, 천문역법, 천문기기, 고천문학 및 천문데이터센터 등으로 구성되어 있으며 자체 대학원을 운영하고 있다(Jong, 2015).

평양천문대는 평양 근처에 있는 순안(Sunan) 지자기 관측소와 함께 태양 연구를 위해 제산(Jaesan)에 태양전파관측소를 운영하고 있는 것으로 알려졌다. 북한의 표준시와 역법도 평양천문대에서 직접 운영 관리한다. 대표적 관측 장비로는 13 cm 광학 굴절망원경과 5 cm 반사망원경 그리고 두 기의 6 m 전파망원경이 있다. 광학망원경은 광전시스템(photoelectric transit)과 다채널분광기(multi-channel spectroscopy)를 이용해 관측이 이루어지고 있으며 전파망원경은 723 MHz와 600 MHz 주파수 대역으로 관측한다. 평양천문대에서는 북한 국내의 천문학 저널인 ‘천문학통보(Bulletin of Astronomy)’를 매년 2-4회 발간하고 있으며 ‘천문년감’과 ‘항해력’도 매년 발행하고 있다(Jong, 2015). 북한의 천문학 교육은 평양천문대 외에도 ‘김일성종합대학’과 ‘김형직사범대학’에서 기본적인 천문학 교육이 이루어지고 있다.

북한의 천문학 연구 논문은 ‘천문학통보’에 가장 많이 게재되어 있지만 이 외에도 ‘물리’와 ‘과학원통보’ 그리고 김일성종합대학학보인 ‘물리학’과 ‘자연과학’ 등에 다양하게 게재되어 있다(Yang & Yim, 2021). 본 논문에서는 북한의 태양 분야 연구 활동과 관측 인프라를 조사하기 위해 북한 연구자들의 논문과 보고서를 분석하였다. 학술 논문의 경우 자료가 확보된 ‘천문학통보’의 2015 ~ 2018년과 ‘물리’의 1994 ~ 2019년, ‘과학원통보’의 2000년과 2016 ~ 2019년 그리고 ‘자연과학’의 2016 ~ 2017년의 태양 관련 연구 논문을 기초 자료로 활용하였다(Bulletin of Astronomy, 2015 ~ 2018; Physics, 1994 ~ 2019; Bulletin of Academy of Science, 2000 & 2016 ~ 2019; Natural Science, 2016 ~ 2017). 북한 학자들이 저자로 포함된 2008-2020년 태양 관련 SCI 논문도 포함하였다. 학술지에 게재된 논문 외에도 정석 평양천문대장이 발표한 Strategic Plan of Development of Astronomy, Highlights of Astronomy(Jong, 2015)와 IAU에서 보고한 2013년 OAD report도 참고하였다(IAU report, 2013a).

한편, 학술지 논문 외에 북한에서 발행하는 태양관련 자료로는 ‘광명백과사전’ 천문편(Encyclopedia press, 2011)과 평양천문대에서 매년 발행하는 ‘천문년감’과 ‘천문력’이 있다. 광명백과사전에는 태양계와 태양을 독립적인 장으로 나누어 기본 천문학 지식을 설명하고 있으며 천문년감과 천문력에는 날짜별 태양의 위치와 일출몰 시각 등 생활에 필요한 천문자료를 수록하고 있

다.

논문의 2장에는 북한의 태양 관련 논문을 연구 주제와 분야, 저자 등으로 분류하여 분야별 연구 인력과 연차별 변화 등 북한의 태양 연구 현황과 활동을 분석하였다. 3장에서는 논문에서 확인된 관측 장비와 운용 현황, 주요 연구 내용 그리고 대외 협력 현황을 정리하였다. 마지막으로 4장에는 북한의 태양 천문학 연구 현황 요약과 함께 국내의 연구 현황을 간단히 소개하고 남북한 태양분야 상호 협력을 위한 제언을 제시하였다.

2. 논문 통계 분석

북한의 태양 관련 연구현황을 분석하기 위하여 북한 학자들이 학술지에 게재한 태양 관련 논문을 조사하였다. 북한 학술지로는 천문학통보, 과학원통보, 그리고 자연과학에 실린 논문 중 현재 자료가 확보된 논문을 분석하였다. 해외 저널의 논문은 Web of Science를 통해 북한 천문학자의 논문을 찾아 살펴보았다. 본 통계 분석에는 해외 저널 논문을 포함한 북한 학자들의 논문 42편을 대상으로 하였다. 먼저, 연구 주제와 분야에 따라 논문을 분류하여 통계 분석을 하였고, 분야별 연구 인력을 조사하였다. 본 연구에는 태양활동과 밀접히 연관된 우주환경 분야 논문도 함께 포함하여 분석하였다.

2.1. 연구 주제별 분석

북한 학술지에 게재된 논문을 연구 주제로 분류해보면 흑점, 관측시스템, 우주환경, 홍염, 중성전류층, 전파, 기타 등 7개로 나눌 수 있다. 전체 42편의 논문 중에서 흑점이 12편으로 가장 많고, 관측시스템 9편, 우주환경 8편의 순으로 나타난다. 그림 1은 현재 북한 연구자들의 태양연구 주제에 따른 논문 분포를 보여준다.

흑점 연구는 흑점 자체 현상 외에 태양활동 주기에 대한 논문 3편이 실려 있다. 중성전류층 연구 논문은 4편이 있는데 홍염 분출이나 태양폭발 현상도 중성전류층 연구와 물리적으로 밀접한 관련이 있기 때문에 중성전류층 관련 연구를 넓게 분류하면 모두 7편으로 볼 수 있다. 이것은 북한에서 중성전류층 연구가 활발히 진행되고 있음을 의미한다. 이외에 전파 2편, 다이노모, 초거대쌀알무늬, 태양 우주선 분야에 각 1편씩 발표되었다.

그림 2는 북한 천문학자의 태양 연구 논문의 연간 분포를 나타낸다. 전 기간에 걸쳐 논문의 전수 조사가 이루어지지 못한 상황이라 연도별 연구현황을 정확하게 분석하기는 어렵지만 1995년부터 2014년까지 평균 1-2편이 매년 출간되었다. 이후, 논문이 점차 늘어나는 추세인데 2015년 4편, 2017년 8편, 2018년 9편이 출간되는 등 최근 연구 활동이 활발해진 것을 알 수 있다. 지난 2017년과 2018년에는 흑점 5편, 우주환경 5편, 관측시스

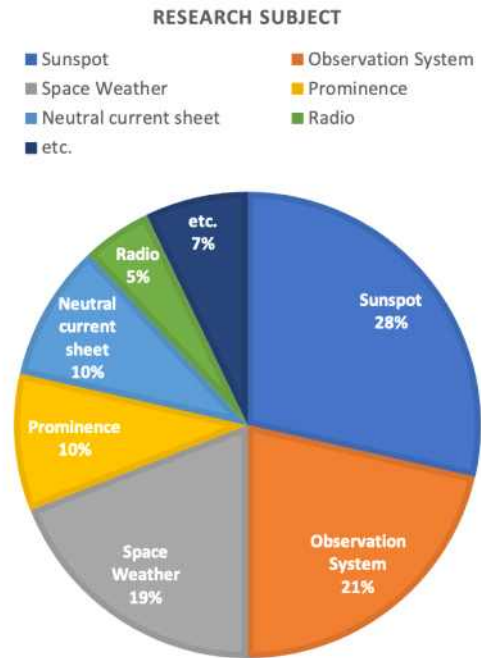


Figure 1. Distribution of papers by research subject on the solar astronomy and space weather in North Korea. The etc. includes solar cosmic ray, solar dynamo, and supergranules.

템 4편 등 해당 주제의 연구가 두드러지게 나타난다.

2.2. 연구 분야별 논문 분석

북한 학자들의 논문을 연구 분야에 따라 분류하면 크게 자료분석, 수치해석, 기기개발로 나눌 수 있는데 이들의 논문 분포는 그림 3과 같다. 태양 분야의 자료분석은

관측 자료를 분석한 것으로 통계와 인공지능망 활용 등이 포함되어 있으며, 기기개발의 경우 시스템 설계와 개발 등이 있다. 세 분야 모두 북한 내외의 현황 보고서를 각 한 편씩 포함하고 있다. 분석 결과 자료분석 21편, 수치해석 12편, 기기개발 9편으로 분야별 연구 활동이 이루어지고 있음을 알 수 있다(그림 3).

그림 4는 분야별 연간 논문 분포를 나타낸다. 1995년 이후 최근까지 자료분석과 수치해석 논문이 꾸준히 발표되고 있음을 볼 수 있다. 특히 2017년 이후 자료분석 연구가 급격히 늘어났다. 2018년에는 최신 기술인 인공지능망을 활용한 연구도 시작되었다. 태양 연구에서 많은 수를 차지하는 흑점과 홍염 연구의 경우 흑점은 관측분석, 홍염은 수치해석 방법이 주로 활용되었다. 2018년 발표한 기기개발 논문 3편은 모두 수평태양분광망원경 관측시스템에 대한 것으로, 앞으로 수평태양분광망원경을 활용한 연구가 증가할 것으로 생각된다.

2.3. 연구 인력

2.3.1. 태양분야

본 연구에서 확보한 북한 태양 관련 논문과 자료는 1995년 이후의 것으로 이를 바탕으로 확인한 태양분야 연구 인력은 약 25명이다. 북한의 태양 관련 논문을 살펴보면 크게 태양물리와 기기개발 그리고 관측연구로 나눌 수 있다. 표 1은 논문을 이들 기준에 따라 나누고 해당 연구를 세부 분야로 구분하는 방식으로 연구 인력을 분류한 결과를 보여준다.

태양물리 분야의 수치계산 연구는 리상재, 김직수 등을 중심으로 총 11명의 연구원이 수행하고 있다. 이 중 태양의 전류층 및 홍염분출에 관한 이론 수치계산 연구는 남석천, 김금석, 김문성 연구원이, 흑점 자기장

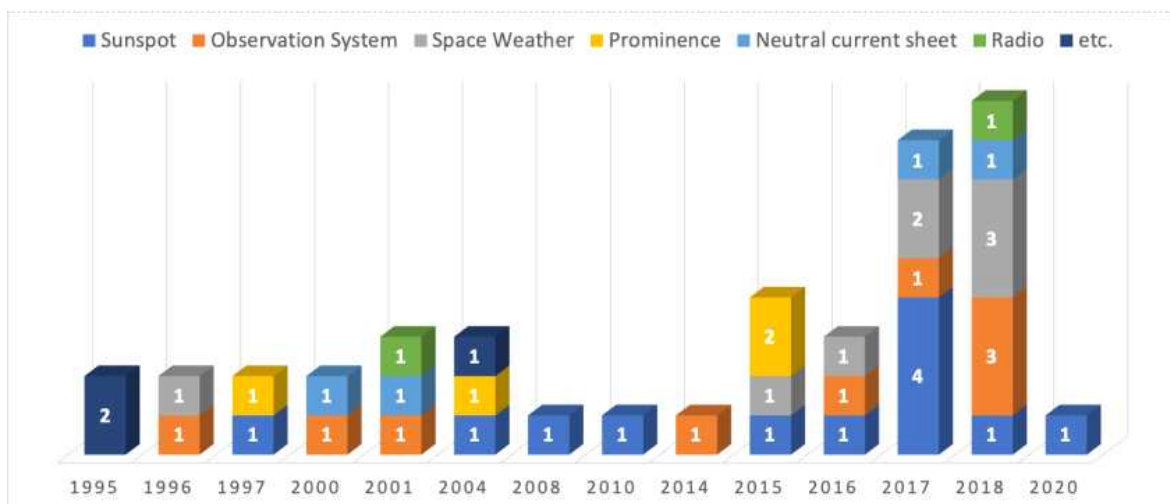


Figure 2. Yearly distribution of papers in the solar astronomy and space weather in North Korea.

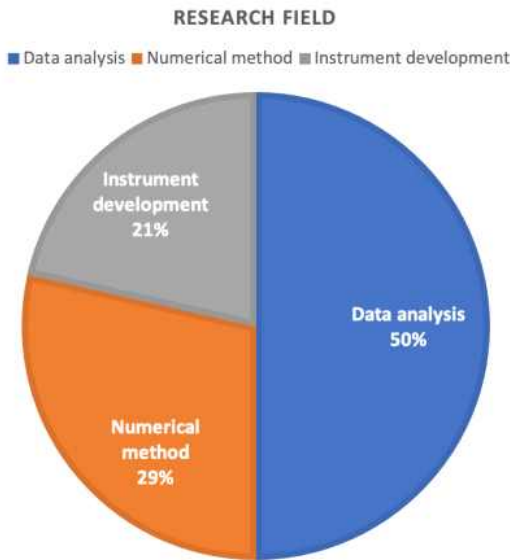


Figure 3. Distribution of papers by research field on the solar astronomy and space weather in North Korea.

태양 전파복사와 태양 양성자 사건(SPE: Solar Proton Event) 연관성은 김경남, 신순애, 송금애, 공진혁 연구원이 참여하고 있다.

평양천문대의 태양 광학관측기 개발 및 관측자료 분석에는 모두 12명이 참여하고 있는데, 흑점망원경 관측 분석에 리승렬, 최원철, 김기철, 김정명이 참여하고 있으며, 수평망원경 분광시스템은 신순애 연구원을 주축으로 8명이 참여하고 있다. 태양 분광기 설계 제작은 김정철, 리영명, 김영철, 박혜영, 류금성이 참여하고 있으며 분광자료는 박혜영, 리장훈, 김영철이 분석하였다. 편광관측기와 편광자료 분석은 김영철과 박혜영 연구원

Table 1. Research fields and researchers in Solar astronomy of North Korea

Research Field	Researcher
Neutral Current Sheet and Prominence Eruption based on Theory & Numerical Calculation	Ri Sang Jae, Kim Jik Su, Nam Sok Chon, Kim Kum Sok, Kim Mun Song
Sunspot Study based on Theory & Numerical Calculation	Ri Sang Jae, Kim Jik Su, Kim Song Hak, Hwang Sin Chol, Ri Song Nam
Solar Cycle	Ri Sung Ryol, Choi Won Chol, Kim Chol-Jun, Kim Jik Su
Solar irradiation using Artificial Neural Network	Ryu Kwng Son, Eun Kyong Ho
Relationship between Solar Radio Flux and Solar Particle Event	Kim Kyong Nam, Sin Sun Ae, Song Kum Ae, Kong Jin Hyok
Data Analysis of Solar Sunspot Telescope	Ri Sung Ryol, Choi Won Chol, Kim Ki Chol, Kim Jong Myong
Solar Horizontal Telescope (spectroscopy design /development)	Sin Sun, Ae, Kim Jong Chol, Ri Yong Myong, Kim Yong Chol, Pak Hye Yong, Ryu Kum Song
Solar Horizontal Telescope (spectrum data analysis)	Sin Sun, Ae, Pak Hye Ton, Ri Jang Hun Kim Yong Chol
Solar Horizontal Telescope (polarization spectrometer system design / development)	Sin Sun, Ae, Kim Yong Chol
Solar Horizontal Telescope (polarization data analysis)	Sin Sun, Ae, Pak Hye Yong
Solar Horizontal Telescope (imaging spectroscopy design)	Sin Sun Ae, Kim Jin Song, Ri Hun
Solar Horizontal Telescope (solar image monitoring System: slit-jaw)	Sin Sun Ae, Pak Hye Yong, Ryu Kum Song
Monthly Prediction of Geomagnetic Activity based on Solar Carrington Rotation	Kim Sun Bok, Kang Jin Sok
27 days Prediction of Geomagnetic Disturbance	Kim Mun Song, Kim Kyong Chol
Effect of Geomagnetic Disturbance on Circulation System of Human	Kim Mun Son Ri Jin Hyok
Prediction of SPEs from Solar Radio based on Artificial Neural Network	Kim Kyong Nam, Sin Sun Ae, Song Kum Ae, Kong Jin Hyok

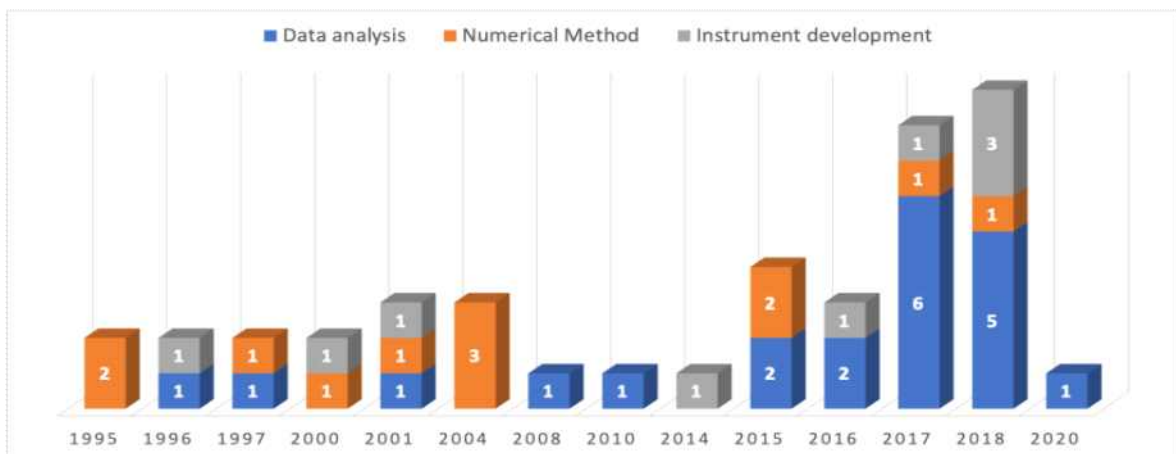


Figure 4. Yearly distribution of papers by research field of solar astronomy and space weather in North Korea.

이 수행하였다. 태양 영상분광기 설계 연구는 김진성, 리훈 연구원이 수행하고 있으며, 박혜영, 류금성 연구원은 2018년 태양영상감시장치인 슬릿조시스템의 설계와 제작을 완료하였다.

2.3.2. 우주환경 분야

우주환경 예측 연구는 총 9명이 참여하고 있는데, 태양 연구자인 김문성, 김경남, 신순애도 이 분야 연구를 함께 수행하고 있다. 태양 캐링톤 자전주기와 지자기활성 월예보 방법은 김순복, 강진석 연구원, 지자기교란 27일 예보는 김문성, 김경철 연구원, 지자기활성과 인간 순환 기계통 질병 사망에 미치는 영향은 김문성, 리진혁 연구원, 태양 전파 복사와 태양 양성자 사건(SPE) 연관성 분석은 김경남, 신순애, 송금애, 공진혁 연구원이 참여하고 있다.

3. 태양 연구 현황

3.1. 관측장비와 활용 연구

평양천문대에서의 태양 분야 관측 및 연구는 여러 자료를 통해 오래전부터 활발히 진행되어 온 것으로 파악된다. 태양 관측기기는 태양흑점망원경 2기와 분광 및 편광 관측이 가능한 수평태양망원경, 전파망원경 2기(723 MHz, 600 MHz)를 설치 운영 중이다(Jong, 2015).

본 연구에서 조사한 북한 논문에서 이들 태양 전파 망원경에 대한 활용이나 연구 논문은 찾지 못하였다. 본 논문에서는 평양천문대에서 설치 운영 중인 태양 광학관측 장비와 관측 자료 활용 연구를 소개하고자 한다. 한편, 표 2에는 본 연구에서 조사·분석한 최근 북한의 태양 우주환경 관련 연구 논문을 정리하였다.

3.1.1. 관측 운영

평양천문대 최초의 태양 관측 장비는 태양흑점망원경으로 130 mm 굴절망원경과 적도의식 마운트를 사용한 투영 관측 방식으로 1958년부터 운영되고 있다. 매년 평양천문대 흑점 관측소의 규격화 상수 k값을 결정하고, 관측의 정확도 향상을 위한 연구도 이루어지고 있다. 최근에는 직경 250 mm, 초점거리 2130 mm의 굴절망원경을 도입하여 태양 흑점의 투영 관측을 수행하고 있다.

실로스탯 태양추적 시스템을 활용한 수평태양망원경은 태양 분광 및 편광 관측에 활용된다. 북한 논문을 통해 태양 관련 장비 제작에 관한 내용도 살펴 볼 수 있다. 논문에 따르면 수평태양망원경의 다양한 활용을 위해 제만효과를 관측하기 위한 흑점자기장측정기와 광전측광기, 다중채널 분광시스템, 슬릿조시스템, 편광분광기 등을 설계 제작하였다(Sin & Kim, 2000; Kim &

Sin, 2001; Sin & Ri, 2014; Sin, 2016; 2017; Kim & Ri, 2018; Sin & Kim, 2018; Pak & Ryu, 2018). 수평태양망원경을 통한 태양빛은 분광슬릿 앞에 115 mm 직경의 태양 전면상으로 맺히며, 슬릿을 통과한 빛의 400-700 nm 파장대역 분광관측이 가능하다. 편광 관측은 방해석으로 만든 니콜프리즘을 사용한 FeI 630.25 nm 편광 분광시스템을 수평태양망원경의 빛 경로 상에 설치하여 태양흑점 벡터 자기장을 측정한다(Sin & Kim, 2018). 최근 수평태양망원경에 영상분광시스템 도입을 위한 설계를 진행하고 있으며(Kim & Ri, 2018), 그 초기 단계로 태양영상 모니터링 시스템(slit-jaw)을 구성하여 분광슬릿 앞 태양 전면상 모니터링이 가능하도록 하였다(Pak & Ryu, 2018).

3.1.2. 관측자료 활용 연구

북한에서 활용 중인 광학관측기는 지속적인 개발과 관측을 통해 흑점의 물리적 상태 분석과 태양 활동주기 연구에 활용되고 있다. 태양흑점망원경은 장기 관측을 통해 흑점 활동주기 추적 및 예측에 활용되고, 분광관측 시스템인 수평태양망원경은 흑점의 자기장과 온도 분포 연구에 활용되고 있다. 수평망원경을 활용한 NaID2 588.99 nm와 MgIb2 517.27 nm 분광선 동시 관측 및 분석으로 흑점 광구와 채층의 온도 분포를 결정하기도 하였다(Sin & Ri, 2018). 북한은 편광분광 시스템을 설치하여 흑점의 벡터 자기장 측정을 수행하고 있는데, 2003년 중국 스톡스분광망원경(S³T)으로 관측된 NOAA AR 10330 흑점의 스톡스 파라미터를 분석하여 벡터자기장 변화를 계산하는 등의 연구도 진행하였다(Sin & Pak, 2010). 최근에는 수평분광망원경에 사용할 태양영상분광기에 대한 사전연구와 설계가 진행되고 있는 것으로 보인다.

3.2. 태양물리연구

오래전부터 북한은 전통적인 방식으로 태양 흑점을 관측하여 물리적 특징을 연구해 왔으며, 태양 대기 전류층과 자기재결합, 홍염 분출에 대한 수치해석 연구도 꾸준히 진행하고 있다. 또한, 장기 관측 자료를 이용해 태양 주기 분석과 예측을 연구하고 있으며, 태양활동과 우주환경 변화와의 상관관계와 우주환경 예측 기술을 연구하고 있다. 아래에는 최근 북한에서 활발하게 연구하고 있는 흑점, 홍염, 우주환경 분야의 연구 내용을 정리하였다.

3.2.1. 흑점

흑점은 태양의 대표적 현상으로 태양 폭발이 주로 발생하는 영역으로 흑점수를 꾸준히 관측하면 태양의 장주

Table 2. Publications in the field of Solar Astronomy and Space Weather from 1995 to 2018
by North Korean astronomers

Year	Title	Authors	Journal (*=SCI)
1995	The Energy Spectre of Electron Component of Solar Cosmic Ray in Ultrarelativistic Region	Kim Jik Su	Physics
1995	Magnetic Field Model above Solar Super Granule	Ri Sang Jae, Kim Song Hak	Physics
1996	Study on Monthly Prediction of Geomagnetic Field Activity based on Carrington Rotation Cycle	Kim Sun Bok, Kang Jin Sok	Physics
1996	On Automatic Record and Analysis of the Solar Radio Radiation Flow	Han Chang Nam, Choe Chol Min	Physics
1997	Investigation on the Observation of the Sunspots Magnetic Field and it's Distribution Characteristics	Kim Jong Chol	Physics
1997	Magnetic Reconnection at the Low Layer of Solar Atmosphere	Ri Sang Jae	Physics
2000	Approximate Theory of Two Zones Neutral Current Sheet in the Solar Atmosphere	Ri Sang Jae	Physics
2000	Development of Photoelectric Photometer in Solar Spectroscopy	Sin Sun Ae, Kim Jong Chol	Physics
2001	Distinguishion of Type III Solar Radiobursts and Determination fo Coronal Magnetic Field by Circular Polarization Observation at One Frequency	Pak Thae Sik	Physics
2001	Analysis on the Energe Release in Solar Flares by the Theory of Two Regions Neutral Current Sheet	Ri Sang Jae, Kim Mun Song	Physics
2001	Interference by System Elements in Photoelectric Photometry of Solar Spectroscopy	Kim Jong Chol, Sin Sun Ae	Physics
2004	Analysis on the Magnetic Structure of Sunspot	Hwang Sin Chol, Ri Song Nam	Physics
2004	Magnetic Reconnection as a Reason of Disappearance of Filament in Solar Atmosphere	Nam Sok Chon, Kim Kum Sok, Kim Jik Su	Physics
2004	Dynamo α -Effect in Production of Magnetic Helicity of Solar Atmosphere	Kim Kum Sok, Kim Jik Su	Physics
2008	Correlation analysis between S^3T and SFT/MTK vector magnetograms	H. F. Liang, S. A. Sin, L. Ma	Advances in Space Research (*)
2010	Magnetic Field of Sunspot in NOAA AR 10330 by Stokes Parameters	Sin Sun Ae, Pak Hye Yong	Physics
2014	Study on Multi-Channel Spectroscopic System of Solar Horizontal Telescope	Sin Sun Ae, Ri Yong Myong	Physics
2015	Role of Prominence Mass for Loss of Equilibrium in Prominence Eruption Model(3): with Current Sheet	Nam Sok Chon	Bulletin of Astronomy
2015	Investigation on Characteristic of Sunspot Distribution and Rising Phase of Solar Cycle 24	Ri Sung Ryol	Bulletin of Astronomy
2015	Loss of Equilibrium by Mass Draining on Prominence	Nam Sok Chon, Kim Mun Song	Physics
2015	Method of Analysis on the Input Signal of TEA-Co2 Laser Considering the Nonlinearity of Discharge Resistor and Capacitance Non-Uniformity in Supply Circuit for Excitation	Kim Mun Song, Kim Kyong Chol	Physics
2016	Outline of Stokes Parameters and Related Factors	Sin Sun Ae, Pak Hye Yong	Bulletin of Astronomy
2016	Imaging Spectroscopy and Application to Research on Solar Physics	Sin Sun Ae	Bulletin of Astronomy
2016	Medium-Term Prediction of the Geomagnetic Activity Index ΣKp during Solar Cycle Minimum	Kim Mun Song, Kim Kyong Chol	Physics
2017	Motion Orbit of Electrons in Neutral Current Sheet of Solar Explosion	Kim Myong Un, Kim Jik Su	Bulletin of Astronomy
2017	Establishment of Operation System of Solar Observation, Sunspot Prediction, and Usage of Observation and Prediction data (1)	Choi Won Chol, Ri Sung Ryol	Bulletin of Astronomy
2017	Determination of Chromospheric Temperature in Sunspot	Sin Sun Ae, Pak Hye Yong	Bulletin of Astronomy
2017	Effect of Geomagnetic Field Disturbance on Circulation System Deasease and Death of Human	Kim Mun Song, Ri Jin Hyok	Bulletin of Astronomy
2017	Establishment of Operation System of Solar Observation, Sunspot Prediction, and Usage of Observation and Prediction data (2)	Choi Won Chol, Ri Sung Ryol	Bulletin of Astronomy
2017	Comparison of Sunspot data obtained in Pyongyang Astronomical Observatory and Observatories of Other Countries	Kim Ki Chol, Kim Jong Myong	Bulletin of Astronomy
2017	Solar Spectroscopic Observation as a Star	Sin Sun Ae	Bulletin of Astronomy
2017	27 days Prediction of Geomagnetic Field Disturbance during Solar Minimum	Kim Mun Song, Kim Kyong Chol	Bulletin of Academy of Science
2018	Study on Design of Slit-Jaw Imaging System	Kim Jin Song, Ri Hun	Bulletin of Astronomy
2018	Establishment of Polarization Spectrometer System on Solar Horizontal Telescope and Study on Determination of Sunspot Magnetic Field (1) Etablissement of Polarization Spectrometer System	Sin Sun Ae, Kim Yeong Chol	Bulletin of Astronomy
2018	Investigation on Medium-Range Forecast of Geomagnetic Field Disturbance	Kim Mun Song	Bulletin of Astronomy
2018	Real-Time Monitoring of the Sun for Establishment of Imaging Spectrometer System of Solar Horizontal Telescope	Pak Hye Yong, Ryu Kum Song	Bulletin of Astronomy
2018	Statistical Analysis on Solar Radio Flux and related Solar Proton Event	Kim Kyong Nam, Sin Sun Ae	Bulletin of Astronomy
2018	Motion Orbit of Charged Particle by Electric Field Acceleration in Neural Current Sheet and Anisotropy of Velocity Distribution	Kim Myong Un, Kim Jik Su	Physics
2018	Determination of Sunspot Temperature using Solar Horizontal Telescope and Spectroscopy	Sin Sun Ae, Ri Jang Hun	Physics
2018	Prediction of Solar Irradiance in Hour based on One Day Solar Irradiance data using Artificial Neural Network	Ryu Kwang Song, Eun Kyong Ho	Physics
2018	A technique for prediction of SPEs from solar radio flux by statistical analysis, ANN and GA	Kim, Kyong Nam, Sin, Sun Ae, Song, Kum Ae, Kong, Jin Hyok	Astrophysics and Space Science (*)
2020	Solar activity cycle of ~ 200 yr from mediaeval Korean records and reconstructions of cosmogenic radionuclides	Kim Chol-jun, Kim Jik-su	MNRAS (*)

기 활동을 이해할 수 있다. 북한의 흑점 연구 논문을 살펴보면 흑점 자기장 2차원 모형을 수립하고, 분광선 관측으로부터 제만 효과를 반영하여 자기장 세기 분석, 흑점 자기유체역학적 등은 온도 모형 수립 등 다양한 이론 연구를 수행하고 있다. 또한, 수평태양망원경의 분광시스템을 활용하여 태양 광구와 채층의 온도 분포를 계산하는 등 관측을 통한 태양물리 연구를 시도하고 있다.

흑점 폭발의 중요한 요인인 중성전류층 이론 모델을 만들어 태양 폭발 에너지를 계산하는 연구도 수행하고 있는데 수치 계산을 이용한 중성전류층 모델 연구는 꾸준히 개선되고 있는 것으로 보인다. 태양활동주기 연구로는 장주기 흑점 관측을 바탕으로 태양활동 24주기 상승기 상태 연구를 수행하고, 역사서에 기록된 흑점 관측 자료를 분석하여 약 200년 주기인 수에스 드브라이스 주기(Suess/de Vries cycle) 존재를 확인한 연구 논문을 SCI 저널에 게재하였다(Kim & Kim, 2020).

흑점 뿐 아니라 태양 전반에 걸친 자기장 이론 및 수치 계산을 이용한 연구도 수행하고 있다. 태양의 초대형 쌀알무늬의 자기장 모형을 연구하고 관측으로부터 태양 다이내모 이론의 α 효과 결과를 계산하여 태양 대기에서 보이는 꼬인 자기구조의 생성에 미치는 영향 등을 연구하고 있다.

3.2.2. 홍염

홍염은 태양 채층에서 나타나는 거대한 플라즈마 구조로서, 분출시 코로나질량방출(CME: Coronal Mass Ejection)로 발전하여 우주환경을 불안정하게 하는 주요 요인이다. 수치모델로부터 홍염 형성에 필요한 하층대기 자기재결합 고도를 계산하고 홍염 질량 소실로 인한 홍염 분출을 유도하는 불안정성 발생 등에 대한 연구를 수행하고 있다. 여기에 더하여 전류층이 존재하는 경우를 고려하여 자기유체역학적 모델을 수립하였다.

3.2.3. 우주환경 및 기타

태양우주환경 분야에서는 태양 자전주기를 분석한 지자기활성 월예보, 행성과 태양 위치에 따른 기조력에 의한 태양폭발 예측, 지자기활성변화와 인간 순환기계통 질병 사망에 미치는 영향 등 태양활동에 의한 우주환경 변화 예측에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있다.

최근 물리 2018년 논문에는 인공지능망을 활용한 연구가 출간되었다(Ryu & Eun, 2018). 한 시간 간격 두 달분 자료를 활용하여 하루 동안 태양복사의 시간별 예측 결과 약 24%의 정확도를 얻었는데, 자료의 양이 증가할수록 정확도는 높아질 것으로 보인다. 또한, 태양 전파 복사와 태양 양성자 사건(SPE)에 대한 연구도 이루어지고 있는데 상호 통계적 연관성을 분석하여 태양

전파 복사가 일정수준으로 높아질 경우 양성자 사건 발생 확률이 높아지는 결과를 보고하였다.

3.3. 태양 연구 해외 협력 현황

북한의 태양 연구는 해외의 태양천문대와 국제 협력을 통해서도 진행되고 있다. 평양천문대는 1980년까지 스위스 취리히 천문대와 태양흑점 관측 자료를 교환하였으며 이후에는 벨기에 왕립천문대와 교환하고 있다(Choi & Ri, 2017). 중국과는 인력 교류를 통한 연구 협력을 진행한 바 있는데, 지난 2012년 IAU와 중국국가천문대의 지원을 받아 평양천문대 연구원과 박사과정 학생이 6개월간 화이러우(Huairou) 태양 천문대를 방문하였다. 방문 기간 동안 핏츠(Fits) 파일과 솔라소프트웨어(SSW: Solar Software) 활용 방법을 익히고 태양 위성 관측과 지상 관측 자료 분석을 수행하였다(IAU report, 2013b). 또한 중국과 협력 연구를 통해 윈난(Yunnan) 천문대에서 관측한 벡터 마그네토그램 관측 자료를 분석하는 연구를 수행하였다.

4. 결론 및 토의

본 논문에서는 현재 북한 학계의 태양 분야 연구 현황을 조사하고 향후 남북 천문 협력과 공동 연구를 위한 기초 자료를 마련하고자 북한 학자들의 태양 관련 연구 논문을 분석하였다. 본 연구에 활용된 논문은 모두 42편으로 해외 게재 논문 3편과 북한 학술지에 실린 논문 39편을 이용하였다. 태양은 현재 북한 천문학계에서 가장 활발히 연구하는 분야로, 평양천문대에서 발간하는 ‘천문학통보’에 게재된 지난 3년간의 논문을 살펴보면 태양-우주환경 분야는 전체 논문의 34%를 차지한다(Yang & Yim, 2021).

북한 학자들의 태양 관련 연구 논문을 통해 1995년 이후 약 25명의 학자가 태양 우주환경 분야를 연구하고 있음을 확인하였다. 주제별로는 흑점, 관측시스템 그리고 우주환경 분야의 논문이 가장 많았으며 연구 방법으로는 자료분석과 수치해석 관련 논문이 많았다. 분야별 연구 인력을 살펴보면 이론 수치분야 연구자가 11명으로 가장 많았으며 관측 분석과 인공지능망을 이용한 태양복사 예측 그리고 태양 전파복사와 태양 양성자 사건(SPE) 연관성 연구에도 여러 학자들이 참여하고 있음을 알 수 있다.

북한의 태양연구 관측 장비를 살펴보면 평양천문대의 주요 관측 장비로는 태양흑점망원경과 수평태양망원경 분광시스템이 있으며, 수평태양망원경을 활용한 분광기, 편광관측기, 영상분광기와 영상 감시장치 등을 개발 운영하는 것으로 확인된다. 논문을 살펴보면 자체 관측 장비를 이용한 다양한 연구 결과가 꾸준히 발표되는데 흑점에 대한 연구가 가장 많으며 우주환경 분야

연구도 최근 여럿 보고되고 있다.

태양 우주환경 분야 연구자들의 해외 협력연구나 파견 연구 사례는 단편적인 자료를 통해 확인할 수 있는데 스위스와 벨기에 그리고 중국과 협력연구 또는 인력 파견이 알려져 있다. 북한 학자의 해외 논문으로는 2008년 신순애가 중국학자들과 공동으로 태양 자기장 자료 분석 관련 연구를 발표하였고 2018년에는 김경남, 신순애 등이 인공신경망을 활용한 태양 양성자 이벤트 예측 연구를 SCI 저널에 게재하였다. 북한의 주요 일간지에 실린 천문관련 기사를 살펴보면 고려시대 흑점 기록을 중요한 천문 자산으로 여긴다(Yang et al., 2020). 평양천문대 소속 김철준과 김직수는 2020년 고대 흑점 기록을 활용해 흑점의 200년 장주기 분석 논문을 MNRAS에 발표하기도 하였는데(Kim & Kim, 2020) 이 연구는 국내 학자들이 해외 저널에 발표한 고대 태양 흑점 기록 분석과 유사한 내용이다(Yang et al., 2019).

한편, 현재 국내의 태양 및 우주환경 연구는 태양 관측 분석과 수치모델 계산 등을 통해 태양활동 및 우주환경 전반에 걸친 다양한 세부 연구가 진행되고 있다. 따라서 북한 태양 우주환경 전 연구 분야와의 협력 연구가 가능할 것으로 기대된다. 특히, 국내 태양 광학 관측기 중 하나인 한국천문연구원 중분산영상분광망원경은 북한의 수평태양망원경과 유사한 관측 시스템으로서 북한 수평태양망원경 개선에 좋은 예시가 될 수 있을 것으로 기대한다. 세계적으로 진행 중인 대형망원경을 활용한 태양 관측 연구는 외국 관측 사이트에 의존하고 있는 것이 국내의 현실이다. 이는 한반도 남쪽에서 대형망원경 설치에 적합한 시상을 갖춘 사이트를 찾기가 어려운 상황이기 때문이다. 이러한 현실에서 북한의 백두산이나 개마고원 등 고도가 높은 평원 지역은 앞으로 중대형 태양 망원경을 설치할 좋은 후보지로 고려할 수 있을 것으로 생각된다. 현재 국내에서 논의 중인 백두산천문대 구축 계획이 실현된다면 한반도 북쪽에 태양 관측소 구축 운영을 통한 남북간의 협력 연구가 이뤄질 수 있을 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGEMENT

북한의 천문학 학술지 정보와 자료를 제공해 주신 한국과학기술정보연구원 NK Tech과 최현규 박사님 그리고 한국지질자원연구원 DMR 융합연구단 고상모 단장님께 감사드립니다. 아울러, 논문을 상세히 읽고 유익한 도움 말씀을 주신 두 분의 심사위원께도 깊이 감사드립니다.

REFERENCES

- Astronomical Yearbook of 1993 (천문년감 1993), 1992, Pyongyang Astronomy Observatory, DPRK
- Bulletin of Academy of Science (과학원통보), 2000, 2016-2019, Science & Technology press, DPRK
- Bulletin of Astronomy (천문학통보), 2015-2018, Pyongyang Astronomy Observatory, DPRK
- Choi, W. C. & Ri, S. R., 2017, Establishment of Operation System of Solar Observation, Sunspot Prediction, and Usage of Observation and Prediction data, 1, 21
- Gwangmyong Encyclopedia (광명백과사전), Astronomy, 2011, Encyclopedia press, DPRK
- IAU report, 2013a, Office of Astronomy for Development(OAD), Engagement with DPRK astronomers
- IAU report, 2013b, Office of Astronomy for Development (OAD), DPRK Astronomy research at the Huairou Solar station, China
- Jong, S., 2015, Strategic Plan of Development of Astronomy in DPRK, Highlights of Astronomy (IAU), pp.560-564, Cambridge Univ. press
- Kim, J. C. & Sin, S. A., 2001, Interference by System Elements in Photoelectric Photometry of Solar Spectroscopy, Physics (물리-DPRK), 3, 36
- Kim., J. S. & Ri, H., 2018, Study on Design of Slit-Jaw Imaging System, Bulletin of Astronomy (천문학통보-DPRK), 1, 18
- Kim, C. -J. & Kim, J. -S., 2020, Solar activity cycle of ~ 200 yr from mediaeval Korean records and reconstructions of cosmogenic radionuclides, MNRAS, 492(1), 384
- Natural Science (자연과학), 2016-2017, Kim Il Sung Univ. press, DPRK
- Pak, H. Y. & Ryu, K. S., 2018, Real-Time Monitoring of the Sun for Establishment of Imaging Spectrometer System of Solar Horizontal Telescope, Bulletin of Astronomy(DPRK), 1, 42
- Physics (물리), 1994-2019, Science & Technology press, DPRK
- Ryu, K. S. & Eun, K. H., 2018, Prediction of Solar Irradiance in Hour based on One Day Solar Irradiance Data using Artificial Neural Network, Physics (DPRK), 4, 28
- Sin, S. A. & Kim, J. C., 2000, Development of Photoelectric Photometer in Solar Spectroscopy, Physics (DPRK), 3, 36
- Sin, S. A. & Pak, H. Y., 2010, Magnetic Field of Sunspot in NOAA AR 10330 by Stokes Parameters, 3, 7
- Sin, S. A. & Ri, Y. M., 2014, Study on Multi-Channel

- Spectroscopic System of Solar Horizontal Telescope, Physics (DPRK), 1, 6
- Sin, S. A., 2016, Imaging Spectroscopy and Application to Research on Solar Physics, Bulletin of Astronomy (DPRK), 2, 56
- Sin, S. A., 2017, Solar Spectroscopic Observation as a Star, Bulletin of Astronomy (DPRK), 2, 32
- Sin, S. A. & Kim, Y. M., 2018, Establishment of Polarization Spectrometer System on Solar Horizontal Telescope and Study on Determination of Sunspot Magnetic Field: (1) Establishment of Polarization Spectrometer System, Bulletin of Astronomy (DPRK), 1, 25
- Sin, S. A. & Ri J. H., 2018, Determination of Sunspot Temperature using Solar Horizontal Telescope and Spectroscopy, Physics (DPRK), 1, 23
- Yang, H. -J., Park, C. -G., Kim, R. -S., et al., 2019, Solar Activities and Climate Change during the last millennium recorded in Korean Chronicles, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 186, 139-146
- Yang, H. -J., Kim, S., Yim, I., et al., 2020, A Study of Articles related on Astronomy published in North Korea Media, PKAS, 35, 1-9
- Yang, H. -J. & Yim, I., 2021, Astronomical Research in North Korea, in preparation