

We present near-infrared (2.5–5.0  $\mu\text{m}$ ) spectra toward shock-cloud interaction regions of two supernova remnants, HB21 and IC443. The spectra were observed with the AKARI satellite during the post-Helium phase, and revealed several  $\text{H}_2$  emission lines. In case of HB21, we could obtain the true ortho-to-para ratio from these near-infrared spectra, which was assumed to be 3.0 during the previous analysis on the mid-infrared images obtained with the Infrared Camera onboard AKARI. With this true ortho-to-para ratio, we re-characterized the excitation state of shocked  $\text{H}_2$  gas observed in mid-infrared images with the power-law admixture model (Shinn et al. 2009), and compared its prediction for near-infrared spectra with the observed spectra. For IC443, we derived the excitation state of shocked  $\text{H}_2$  gas, and compared with previous observations. We discussed the obtained results with previously proposed pictures on the shocked  $\text{H}_2$  gas.

**[IM-05] Supernova Remnants in the Large Magellanic Cloud with AKARI Observation**  
Ji Yeon Seok

*Astronomy Program, Department of Physics and Astronomy, Seoul National University, Seoul, KOREA*

We present an infrared study of supernova remnants (SNRs) using the AKARI IRC Survey of the Large Magellanic Cloud (LMC) as well as a preliminary result of follow-up near-infrared spectroscopic observations by AKARI. The AKARI LMC survey covered about 10 square-degree of the LMC including 21 SNRs, a half of the known SNRs. Among those, we found that 8 SNRs have distinguishable infrared emission in NIR and/or MIR bands. We explore the statistical properties of their infrared colors and discuss the origin of the infrared emission. For the further analysis, we have performed NIR spectroscopic observations on four NIR bright LMC SNRs during the AKARI warm phase. We examined their NIR spectra and identified strong hydrogen recombination lines with several  $\text{H}_2$  molecular lines in most SNRs. We discuss their implications for the SNRs with their environment and the nature of the IR emission.

**[IM-06] Measurements of relative abundance of high-energy cosmic-ray nuclei in the TeV/nucleon region**

Shinwoo Nam, Jina Jeon, Gowoon Na, Jiwoo Nam, Il H. Park, Nahee Park, and Jongmann Yang  
*Department of Physics, Ewha Womans University*

We present data for the relative abundance of cosmic-ray nuclei measured in the TeV/nucleon region from the second flight of the Cosmic Ray Energetics And Mass (CREAM)

balloon-borne experiment. Energy was determined using a sampling tungsten/scintillating-fiber calorimeter, while charge was identified precisely with a dual-layer silicon charge detector installed for this flight. The data for the primary-to-primary element ratios C/O, Ne/Si, and Mg/Si agree with measurements at lower energies. The source abundance of N/O is found to be  $0.08 \pm 0.06 \pm 0.02_{-0.02}^{+0.01}$ , assuming an escape parameter of 0.6. The comparison to local galactic abundance is made as a function of first ionization potential.

■ Session : SLR (SLR)

4월 28일(화) 16:00 - 17:45 제4발표장

**[초SLR-01] 국내 이동형 우주측지 레이저 위성 추적(SLR) 시스템의 개발과 그 현황**

조중현, 임형철, 서윤경, 임홍서, 박종욱, 방승철, 이진영, 전현석  
한국천문연구원 우주물체감시연구그룹

한국천문연구원 우주물체감시연구그룹은 2008년도부터 우주측지용 레이저 위성 추적(Satellite Laser Ranging: SLR)시스템을 개발하고 있다. 이 SLR시스템은 국내 최초로 개발되는 것으로서, 관련 기술을 확보했거나 개발이 가능한 관련 정부출연연구원 및 국외 우주측지 선도 연구기관의 협력체제를 필요로 한다. 2011년까지 이동형을 개발한 후에 고정형 시스템이 개발될 예정이다. 현재 개발 중인 시스템은 운영제어시스템, 광학계, 마운트, 광전자계, 레이저 등 5개의 서브시스템으로 구성되어 있으며, 시스템요구사항 검토회의를 거쳐 기본설계 검토회의로 진행 중에 있다. 이 SLR시스템의 기능적 특징은 주야간 원격 운영을 지향한다는 것이고, 성능적인 특징은 2KHz 반복율 레이저 펄스를 이용하여 우주측지용 위성 및 우주 잔해물(space debris)의 추적 목표물이다. 현재 국내 우주 측지연구를 위한 관측자료 생성은 GNSS 분야가 유일하다. 우주측지 관측 분야에서 VLBI, 위성 중력 및 SLR 관측은 아직까지 국내에서 몇몇 시험 관측을 제외하고는 일반적인 상시관측이 이뤄지지 않고 있다. 따라서 국내 이동형 우주측지 SLR 시스템이 개발되면 우주측지 위성 정밀궤도 결정, 지구 자전 상수(Earth rotation parameter), 지구 자전속도 (length of Day), 국제기준좌표계(International Terrestrial Reference Frame)에 대한 연구활동의 증대를 기대할 수 있다.

**[SLR-02] 인공위성 레이저 거리측정(SLR)을 위한 망원경 시스템의 세계 기술 현황**

김은실<sup>1</sup>, 이준호<sup>1</sup>, 임홍서<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>공주대학교 영상광정보공학부 기하광학 연구실,  
<sup>2</sup>한국천문연구원

인공위성 레이저 거리측정(Satellite Laser Ranging, SLR) 시스템은 펄스폭이 매우 짧은 레이저를 이용하여 위성과 지상의 위

치를 mm(Normal Point) ~ cm(Single Shot)급으로 측정할 수 있는 고 정밀 추적 시스템으로 지구질량중심 및 국제 기준좌표계 결정, 인공위성 정밀 궤도 결정에 매우 큰 역할을 하고 있으며 최근에는 전 세계적으로 이슈가 되고 있는 우주 잔해물 연구에도 이용되고 있어 그 필요성이 점점 증대되고 있다. SLR 서브 시스템 중 하나인 망원경 시스템은 레이저 펄스를 송수신하는 역할을 하며, 레이저 펄스를 하나의 망원경으로 송수신하는 일체형 및 송신망원경과 수신망원경이 다른 송수신 분리형 망원경이 있다. 대부분의 SLR 망원경은 초점 길이에 비해 주경(포물면)-부경(쌍곡면)간 거리를 짧게 만들 수 있는 카세그레인 초점 방식을 많이 사용한다. 이 연구에서는 SLR 송수신망원경 시스템의 광학특성과 기술현황에 대하여 연구하였다.

**[SLR-03] Satellite Laser Ranging 시스템을 이용한 지구기준좌표계 결정**

전현석<sup>1,2</sup>, 조성기<sup>2</sup>, 임형철<sup>2</sup>, 조중현<sup>2</sup>, 박종욱<sup>2</sup>, 이동규<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>과학기술연합대학원, <sup>2</sup>한국천문연구원 우주측지연구부, <sup>3</sup>공군본부 전력기획참모부

이 연구에서는 위성 레이저추적(Satellite Laser Ranging, SLR) 시스템으로부터 산출된 정규점(Normal Point, NP) 자료를 이용하여 국내 최초로 지구기준좌표계를 결정하였다. SLR 시스템은 현존하는 인공위성 추적기술 중 가장 정밀한 관측방법으로, 관측소의 정확한 위치 및 미세한 변화를 획득할 수 있는 우주측지기술로서, mm 수준의 정확도를 제공한다. 이 연구는 SLR 시스템을 이용하여 지구기준좌표계를 결정하고자 하는 국내 최초의 연구로서, 이 연구를 위해 LAGEOS-1, LAGEOS-2, ETALON-1 및 ETALON-2 측지위성에 대하여 전세계에 배치된 총 58개 관측소에서 관측된 정규점(Normal Point, NP) 자료를 이용하였다. 지구기준좌표계를 결정하기 위하여 위성의 정밀궤도를 결정하였고, International Laser Ranging Service(ILRS)에서 제공하는 위성궤도력을 True값으로 가정하고, 궤도결정 후 얻어지는 관측값(Observation Value, O)과 계산값(Calculation Value, C)의 거리 측정잔차(Range Residual)의 평균값(Mean)과 Root Mean Square(RMS) 값을 비교하였다. 또한 지구기준좌표계 결정 결과를 검증하기 위하여 자료처리 결과의 재현성을 확인하였고, 산출된 위성궤도력 및 관측소 별 위치변화의 결과값을 ILRS 결과값과 비교하였다. 결과산출을 위하여 기존에 ILRS에서 제공하는 위성궤도력을 초기 궤도로 사용하여 궤도결정 후 전파된 위성궤도력과 ILRS 위성궤도력을 비교하여 검증을 수행하였고, 자료처리 결과, 관측소의 좌표 성분의 변화량 중 대부분 0.5mm 이하에 분포하여 우수한 재현성을 나타내었다. 결정된 지구기준좌표계의 관측잔차의 평균값은 2.57mm, 관측잔차의 RMS는 12.2mm 수준의 높은 정밀도를 얻을 수 있었고, 이 결과값은 ILRS 결과값과 비교하여 1.7배나 낮은 정밀도를 나타내지만, 향후 연구된 지구좌표계 결정 전략을 기반으로 관측소의 개수와 관측기간을 확대함으로써 보다 정밀한 지구기준좌표계를 결정할 수 있을 것이다. 이 연구를 통하여, SLR 정규점(NP) 자료를 사용한 정밀궤도 및 지구기준좌표계를 결정하여 정밀도를 확인하여 보았고, 타 정밀궤도결정 시스템 결과의 검증에 이 연구 결과가 적용되어질 수 있음을 확인할 수 있었다. 이 연구결과는 현재

천문연구원에서 개발 중인 우주측지용 레이저 추적체계의 개발이 완료되어 운영되어질 경우에 산출된 정규점을 활용하여 독자적인 위성궤도 및 지구기준좌표계 결정에 활용할 수 있을 것이다.

**[SLR-04] 이동형 SLR 시스템(ARGO-M)의 요구사항 및 사양 분석**

임형철, 이진영, 박종욱, 조중현, 임홍서, 서윤경, 방승철, 전현석  
 한국천문연구원 우주측지연구부

한국천문연구원은 2008년부터 이동형 SLR 시스템(ARGO-M) 개발을 추진하고 있으며, 2011년부터 고정형 SLR 시스템(ARGO-F)을 개발할 예정이다. 2011년에 완성될 ARGO-M은 주야 관측이 가능하고, 원격운영이 가능한 시스템으로 5mm 이내(NP 기준)의 거리측정 정밀도를 갖는다. 특히 컨테이너 구조물에 설치되어 이동 관측이 가능하며, 관측 시에는 송수신 망원경, 추적마운트 및 레이저 시스템이 컨테이너에 분리되어 정밀관측이 가능한 구조를 갖는다. ARGO-M은 광학부, 광전자부, 레이저, 추적마운트 및 운영시스템의 5개 서브시스템으로 구성된다. 광학 망원경은 송수신 분리형 구조를 가지며, 송신 및 수신 망원경은 각각 10cm와 40cm 직경을 갖는다. 송신 레이저 및 수신 광 검출을 위해서 각각 photo diode와 C-SPAD 검출기를 사용하며, TOF (Time of Flight) 측정을 위해서 Event Timer로 RIGA ET-A032 모델을 사용한다. 특히 GOCE와 같은 저궤도 인공위성 레이저 추적을 위해서 빠른 RGG (Range Gate Generation) 수행이 요구되므로 FPGA안에 별도의 Event Timer를 갖는다. 레이저는 532nm 파장을 사용하며, 2KHz 반복율과 20ps 이내의 펄스 폭 및 펄스당 1mJ 정도의 에너지를 갖는다. 추적마운트는 고속구동과 정밀추적이 가능하도록 개발되며, 방위각 및 고도축으로 각각 20deg/s와 10deg/s Slew Rate를 갖고, Pointing 및 Tracking 정밀도가 5 arcsec 미만이다. 532nm 파장의 레이저는 항공기 조종사 시력에 심각한 피해를 줄 수 있으므로, 항공기 등 비행체 검출을 위해서 ARGO-M은 레이더 시스템을 구축하여 상시 비행체 감시를 통해서 운영될 예정이다. 또한, 자동으로 관측 스케줄링을 생성하고, 다양한 기상장비를 구축하여 원격 운영 및 일부 자동 운영 기능을 수행한다. 한국천문연구원은 ARGO-M 개발을 위해서 SRR 검토회의를 수행하였으며, 2009년 5월에 SDR 검토회의를 가질 예정이므로, 현재까지 확정된 ARGO-M에 대한 요구사항 및 사양이 논의될 것이다.

**[SLR-05] 저궤도 위성의 레이저 거리측정을 위한 광전자부 구성**

방승철, 임형철, 서윤경, 조중현, 박종욱  
 한국천문연구원 우주측지연구부

한국천문연구원은 우주측지용 레이저추적 시스템 개발 사업을 추진하고 있다. 특히, 송수신 광전자부는 위성까지 거리를 구하기 위한 레이저의 출발 및 도착 시간 측정 기능을 수행한다. 송수신 광전자부의 구성은 광 검출기, 시간 측정기, 광전자 제어기로 구성된다. 광 검출기의 TLD(Transmit Laser Detector)는 송