

Letter

## 천리안위성 1·2A호 지표면 알베도 상호 오차 분석 및 비교검증

우중호<sup>1)</sup> · 최성원<sup>2)</sup> · 진동현<sup>2)</sup> · 성노훈<sup>2)</sup> · 정대성<sup>3)</sup> ·  
심수영<sup>4)</sup> · 변유경<sup>1)</sup> · 전우진<sup>1)</sup> · 손은하<sup>5)</sup> · 한경수<sup>6)†</sup>

### A Comparative Errors Assessment Between Surface Albedo Products of COMS/MI and GK-2A/AMI

Jongho Woo<sup>1)</sup> · Sungwon Choi<sup>2)</sup> · Donghyun Jin<sup>2)</sup> · Noh-hun Seong<sup>2)</sup> ·  
Daeseong Jung<sup>3)</sup> · Suyoung Sim<sup>4)</sup> · Yugyeong Byeon<sup>1)</sup> ·  
Uujin Jeon<sup>1)</sup> · Eunha Sohn<sup>5)</sup> · Kyung-Soo Han<sup>6)†</sup>

**Abstract:** Global satellite observation surface albedo data over a long period of time are actively used to monitor changes in the global climate and environment, and their utilization and importance are great. Through the generational shift of geostationary satellites COMS (Communication, Ocean and Meteorological Satellite)/MI (Meteorological Imager sensor) and GK-2A (GEO-KOMPSAT-2A)/AMI (Advanced Meteorological Imager sensor), it is possible to continuously secure surface albedo outputs. However, the surface albedo outputs of COMS/MI and GK-2A/AMI differ between outputs due to differences in retrieval algorithms. Therefore, in order to expand the retrieval period of the surface albedo of COMS/MI and GK-2A/AMI to secure continuous climate change monitoring linkage, the analysis of the two satellite outputs and errors should be preceded. In this study, error characteristics were analyzed by performing comparative analysis with ground observation data AERONET (Aerosol Robotic Network) and other satellite data GLASS (Global Land Surface Satellite) for the overlapping period of COMS/MI and GK-2A/AMI surface albedo data. As a result of error analysis, it was confirmed that the

Received December 7, 2021; Revised December 20, 2021; Accepted December 22, 2021; Published online December 29, 2021

<sup>1)</sup> 부경대학교 지구환경시스템과학부 공간정보시스템공학과 석사과정생 (Master Student, Major of Spatial Information Engineering, Division of Earth Environmental Science, Pukyong National University)

<sup>2)</sup> 부경대학교 지구환경시스템과학부 공간정보시스템공학과 박사수료생 (PhD Candidate, Major of Spatial Information Engineering, Division of Earth Environmental Science, Pukyong National University)

<sup>3)</sup> 부경대학교 지구환경시스템과학부 공간정보시스템공학과 박사과정생 (PhD Student, Major of Spatial Information Engineering, Division of Earth Environmental Science, Pukyong National University)

<sup>4)</sup> 부경대학교 지구환경시스템과학부 공간정보시스템공학과 석·박사과정생 (Combined MS/PhD Student, Major of Spatial Information Engineering, Division of Earth Environmental Science, Pukyong National University)

<sup>5)</sup> 국가기상위성센터 위성기획과 선임연구원 (Senior Researcher, Satellite Planning Division, National Meteorological Satellite Center/KMA)

<sup>6)</sup> 부경대학교 지구환경시스템과학부 공간정보시스템공학과 정교수 (Professor, Major of Spatial Information Engineering, Division of Earth Environmental Science, Pukyong National University)

† Corresponding Author: Kyung-Soo Han (kyung-soo.han@pknu.ac.kr)

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

RMSE of COMS/MI was 0.043, higher than the RMSE of GK-2A/AMI, 0.015. In addition, compared to other satellite (GLASS) data, the RMSE of COMS/MI was 0.029, slightly lower than that of GK-2A/AMI 0.038. When understanding these error characteristics and using COMS/MI and GK-2A/AMI's surface albedo data, it will be possible to actively utilize them for long-term climate change monitoring.

**Key Words:** Surface Albedo, GK-2A/AMI, COMS/MI, AERONET, GLASS, Consistency

**요약:** 장기간에 걸친 전 지구적인 위성관측 지표면 알베도 자료는 전 지구 기후 및 환경의 변화 감시에 활발히 이용되고 있으며 그 활용도와 중요성이 크다. 우리나라의 경우 정지궤도위성 천리안위성 1호(Communication, Ocean and Meteorological Satellite, COMS) MI(Meteorological Imager) 센서와 천리안위성 2A호(GEO-KOMPSAT-2A, GK-2A) AMI (Advanced Meteorological Imager) 센서의 세대교체를 통해 지속적인 지표면 알베도 산출물의 확보가 가능하다. 그러나 COMS/MI 및 GK-2A/AMI의 지표면 알베도 산출물은 센서 및 알고리즘의 차이로 인해 산출물 간의 차이가 존재한다. 따라서 COMS/MI와 GK-2A/AMI 지표면 알베도 산출 기간을 확장하고 지속적인 기후변화 감시 연계성 확보를 위해 두 위성 산출물 간의 오차 분석이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 COMS/MI 및 GK-2A/AMI 지표면 알베도 자료의 중복기간을 대상으로 지상관측자료 AERONET (Aerosol Robotic Network)와 타 위성자료 GLASS (Global Land Surface Satellite)와 함께 비교 분석하였다. 오차 분석 결과 AERONET과의 검증에서 COMS/MI의 평균 제곱근 오차(Root Mean Square Error, RMSE)가 0.043로 GK-2A/AMI의 RMSE인 0.015보다 높게 나타났다. 또한 GLASS와 비교하였을 때 COMS/MI의 RMSE는 0.029로 GK-2A/AMI의 0.038보다 낮게 나타났다. 이러한 오차특성을 이해하고 COMS/MI 및 GK-2A/AMI의 지표면 알베도 자료를 사용할 때 장기간 기후변화 감시에 적극적으로 활용할 수 있을 것이다.

## 1. 서론

지표면 알베도는 기상 예측과 지표의 에너지 및 수분 지수를 결정하는 중요 변수 중에 하나이다(Cess *et al.*, 1996; Dickinson *et al.*, 1983). 특히, 지표면 알베도의 변화는 기온이나 기후에 영향을 주고 다시 알베도의 변화로 이어지는 피드백 역할을 하여 기후 변화의 지시자 역할을 한다(Lee *et al.*, 2020). 지구의 기후 변화를 모니터링하고 이해하려면 관측을 통한 장기간의 일관된 자료가 필요하다(Govaerts *et al.*, 2004). 이에 장기간에 걸친 전 지구적인 위성관측 지표면 알베도 자료는 전 지구 기후 및 환경의 변화 감시에 활발히 이용되고 있으며 그 활용도와 중요성이 크다고 할 수 있다(He *et al.*, 2014).

미항공우주국(National Aeronautics and Space Administration, NASA)와 유럽기상위성개발기구(European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites, EUMETSAT)에서는 과거부터 다양한 위성을 활용하고 위성 세대의 교체를 통하여 장기간의 지표면 알베도 생산을 진행해왔다. 그러나 서로 다른 위성세대와 센서로 관측되어 획득된 지표면 알베도 산출물에는 오차가 존재한다. CGLS (Copernicus Global Land Service)는 코페

르니쿠스의 지구관측 유럽 대표 프로그램인 토지 모니터링 핵심 서비스 요소 중 하나로서 CGLS가 제공하는 SPOT-Vegetation과 PROBA-V 위성의 지표면 알베도 자료는 상대 오차 13%, 평균 제곱근 편차(Root Mean Square Deviation, RMSD) 0.028가 나타났다(Fuster *et al.*, 2018). Govaerts *et al.* (2008)은 유럽의 정지궤도 위성 Meteosat-5와 Meteosat-7 위성 간 지표면 알베도의 상대 오차 6%와 RMSD 0.015를 확인하였고 보정을 통해 위성 세대 간의 일관성을 확보하였다. Lee *et al.* (2016)은 극궤도 위성인 Landsat-7과 Landsat-8의 채널별 일관성 분석으로 오차를 확인하고 다중회귀분석 기법으로 지표면 알베도의 위성 세대간 일관성을 확보하였다.

극궤도 위성에 비해 정지궤도 위성은 짧은 주기로 동일 지표를 관측하기 때문에 맑은 하늘 조건에서 관측할 가능성이 높아지고 지표 이등방성 효과에서 대기 영향을 분리하는데 사용할 수 있는 관측 데이터가 많아 지표면 알베도 산출에 유리하다(Loew *et al.*, 2010). 우리나라의 경우 정지궤도위성 COMS/MI와 GK-2A/AMI의 세대교체를 통해 지속적인 지표면 알베도 산출물의 확보가 가능해졌으나 COMS/MI와 GK-2A/AMI의 지표면 알베도 산출물은 센서 및 알고리즘의 차이로 인해 산출물 간의 차이

가 발생한다. 그러므로, 위성 자료 사용자들은 두 위성 산출물 간의 차이로 인해 발생하는 오차를 인지하는 것이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 COMS/MI 및 GK-2A/AMI 지표면 알베도 산출물 간의 오차 특성 분석과 함께 지상관측자료 및 타 위성 자료와 비교 검증을 수행하였다.

## 2. 연구 자료 및 방법

본 연구는 COMS/MI와 GK-2A/AMI의 전구(위도 80°S ~ 80°N, 경도 47°E~ 180°E) 연구영역과 각 자료의 겹치는 기간인 2019년 7월 1일부터 2020년 3월 31일을 연구기간으로 설정하였다.

국가기상위성센터에서 제공하는 COMS/MI는 전구 영역에 대하여 일별 Black-sky albedo 및 White-sky albedo 자료를 제공한다. Black-sky albedo란 태양광이 대기 중에서 모두 투과되는 상태에서의 알베도이며 White-sky albedo란 태양광이 대기 중에서 모두 산란되는 상태에서의 알베도이다. COMS/MI는 5개의 채널을 가지고 전구 영역을 관측하나 지표면 알베도 자료는 가시 영역의 채널 1개를 사용하여 1 km 공간해상도를 가지고 일별로 산출 되어진다. GK-2A/AMI는 16개의 채널을 가지며 1~5번 채널을 바탕으로 2 km의 공간해상도로 전구 영역의 일별 Black-sky albedo 및 White-sky albedo 자료를 산출한다(Table 1). 두 위성의 지표면 알베도 산출 알고리즘은 대기보정 - BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function) 모델링 - 광대역전환 과정으로 동일하나 구름탐지, 적설탐지 및 에어로졸 입력자료 등의 차이와 BRDF 모델링 수행 시 합성주기(COMS/MI: 20일, GK-2A/AMI: 5일)의 차이, 시공간 해상도(COMS/MI: 1 km, GK-2A/AMI: 2 km) 차이 등에 의해 복합적으로 지표면 알베도 품질 차이가 존재한다.

타 위성 기반 검증 자료로는 높은 품질과 정확도를 가

지고 있는 GLASS(Global LAnd Surface Satellite) 지표면 알베도 자료를 사용하였다(Liang *et al.*, 2021). GLASS는 지구 변화 연구 및 기후 모델링을 위한 장기적인 지표면 핵심 변수를 제공하는 것을 목표로 한다. GLASS 지표면 알베도 자료는 0.05°의 공간해상도와 8일 주기로 2000년 1월부터 2019년 12월까지 제공되고 있다. GLASS 지표면 알베도 산출물은 산출의 모든 단계를 회귀 분석을 통해 한 단계로 결합한 Direct estimation algorithm을 기반으로 일반적인 맑은 하늘 대기 조건에서의 지표면 알베도를 추정한 것이다. GLASS 지표면 알베도 자료는 본 연구기간과 GLASS 자료 제공 기간이 중복되는 2019년 7월부터 12월까지의 자료를 사용하였다.

본 연구에서 지상관측 기반의 검증 자료로 사용된 AERONET (Aerosol Robotic Network) 자료는 NASA와 PHOTONS (PHOTométrie pour le Traitement Opérationnel de Normalization Satellitaire; Univ. of Lille 1, CNES 및 CNRS-INSU)이 구축한 지상 기반 원격 감지 에어로졸 네트워크 연합의 자료이다. 지상관측자료의 알베도는 지표면에 입사한 태양 에너지와 반사된 태양 에너지의 비율로 계산되며 지점 포인트 자료로 일별 제공된다.

모든 위성 자료 간의 공간해상도가 상이하기 때문에 구 표면상에 존재하는 두 점 사이의 최단 거리를 의미하는 GCD (Great Circle Distance) 기법을 통해 GK-2A/AMI의 2 km 공간해상도로 일치화한 뒤 분석을 수행하였다. 또한 COMS/MI와 GK-2A/AMI의 지표면 알베도 산출물과 지점 포인트 자료인 AERONET 지상관측자료의 알베도 자료를 시간적으로는 각 지점 현지 시간의 정오 기준 한시간 이내 일 때의 관측 자료를 평균하여 사용하고 공간적으로는 GK-2A/AMI 기준으로 half pixel (1 km) 이내의 자료를 매칭하여 사용하였다. 검증은 black-sky albedo에서 수행되었으며 검증지수로는 상관 계수(correlation coefficient, R), 평균 제곱근 오차(Root Mean Square Error, RMSE), 편향(Bias)를 사용하였다.

Table 1. Comparison of GK-2A/AMI with COMS/MI

Parameter	GK-2A/AMI (Advanced Meteorological Imager)	COMS/MI (Meteorological Imager)
Spectral bands	16 channels (4 VIS, 2 NIR, 10 IR)	5 channels (1 VIS, 4 IR)
Spectral resolution	0.64 μm: 0.5 km Other VIS/NIR: 1 km IR: 2 km	0.675 μm: 1 km Other VIS/NIR: N/A IR: 4 km
Observation duration	Full disk: ≤ 10 minutes	Full disk: ≤ 30 minutes

### 3. 연구 결과

#### 1) COMS/MI 및 GK-2A/AMI 지표면 알베도 상호 비교

Fig. 1은 COMS/MI의 지표면 알베도와 GK-2A/AMI의 지표면 알베도의 중복기간 동안 매 Scene 각각의 Good Quality pixel을 10%씩 샘플링하여 산점도 오차 특성 분석을 수행한 것이다. x축은 COMS/MI의 지표면 알베도를 나타내고, y축은 GK-2A/AMI 지표면 알베도를 나타낸다. Fig. 1 (a) Black-sky albedo와 Fig. 1 (b) White-sky albedo 지표면 알베도의 R이 각각 0.97, 0.96으로 나타나지만 오차를 나타내는 RMSD는 Black-sky albedo에서 0.049, White-sky albedo에서 0.05의 오차를 보이는 것으로 나타났다. 특히 적설역(snow-covered)에서는 COMS/MI의 지표면 알베도 값이 GK-2A/AMI 지표면 알베도의 값보다 높게 나타나는 경향을 보였고 적설역이 아닌 일반지표(snow-free)에서 GK-2A/AMI의 값이 높게 나타났다.

#### 2) 지상관측자료(AERONET)와 비교검증

본 연구는 지상관측자료 알베도 자료 기준으로 COMS/MI 및 GK-2A/AMI 지표면 알베도 자료와 비교 분석을 수행하였고 전체 지점의 정량적인 비교 분석 결과는 Table 2와 같다. 전체 자료(N=64) 중 Silpakorn University 지점에서 35개의 자료로 가장 많은 수를 가지며 Bukit\_Kototabang, EPA\_NCU, Kuching 지점을 제외한 모든 지점에서 GK-2A/AMI의 오차가 COMS/MI의 오차보다 낮게 나타났다. 전체 자료의 산점도 분석 결과 Fig. 2(a) COMS/MI의 RMSE 및 bias는 각각 0.436, -0.037으로 나타났고 Fig. 2(b) GK-2A/AMI의 RMSE 및 bias인 0.015, -0.003보다 낮은 정확도의 값을 보였다(Fig. 2).

Fig. 3은 COMS/MI와 GK-2A/AMI의 지표면 알베도와 AERONET 지상관측자료 알베도의 값 차이에 대한 히스토그램 분포 결과이다. GK-2A/AMI의 히스토그램 분포는 0의 값에 가깝게 정규분포를 이루고 있다. 그러나 COMS/MI의 지표면 알베도 값 히스토그램 분포의

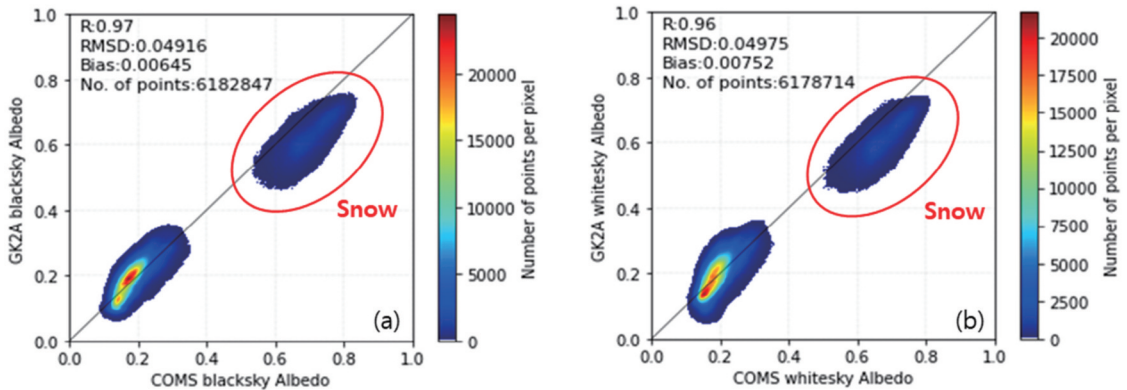


Fig. 1. Scatter Density plot of surface albedo of COMS/MI and GK-2A/AMI during the overlapping period. (a) : black-sky albedo, (b) : white-sky albedo.

Table 2. Results of accuracy assessment retrieved from the direct comparison of AERONET (N: count of data)

Sites	COMS/MI			GK-2A/AMI		
	RMSE	Bias	N	RMSE	Bias	N
Bukit_Kototabang	0.007	0.007	1	0.046	0.046	1
EPA-NCU	0.017	-0.017	1	0.023	0.023	1
Gangneung_WNU	0.065	-0.065	6	0.006	-0.005	6
Kuching	0.004	-0.002	2	0.019	0.019	2
Osaka	0.048	-0.048	6	0.012	-0.011	6
Pokhara	0.036	-0.036	1	0.022	0.022	1
Silpakorn_University	0.026	-0.026	35	0.004	0.002	35
Yonsei_University	0.090	-0.090	5	0.036	-0.035	5



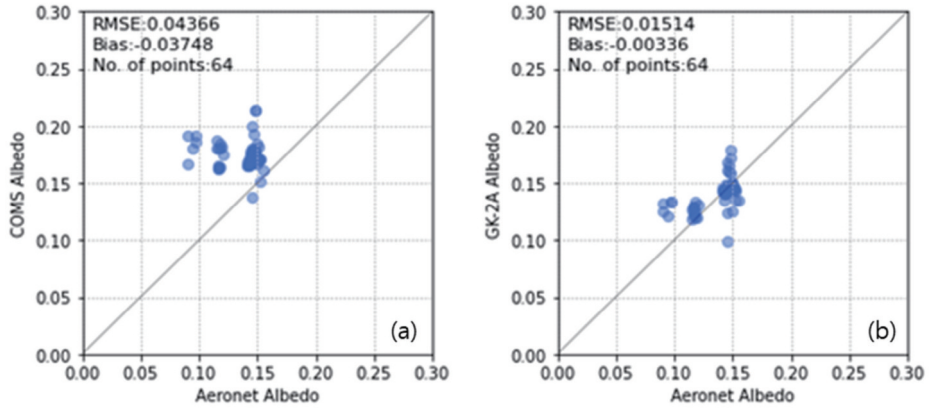


Fig. 2. The scatter plot of COMS/MI and GK-2A/AMI surface albedo with AERONET albedo. (a) : COMS/MI (b) : GK-2A/AMI.

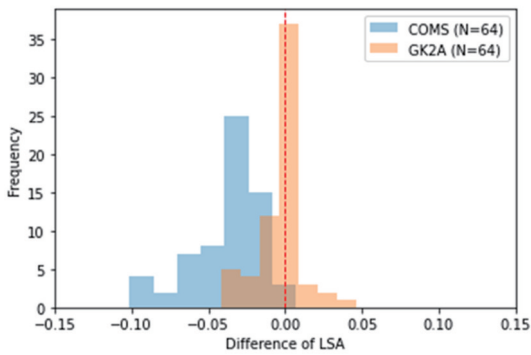


Fig. 3. Histogram of the difference between COMS/MI, GK-2A/AMI surface albedo with AERONET albedo.

평균값은 -0.04로 음의 경향이 나타났다. 이는 COMS/MI의 지표면 알베도가 지상관측자료 알베도 보다 대체적으로 높은 값들을 산출하고 있음을 의미한다.

### 3) 타 위성 자료(GLASS)와 비교검증

GLASS와 GK-2A/AMI 및 COMS/MI 지표면 알베도가 중복되는 2019년 7월 1일부터 2019년 12월 31일까지의 기간에 대해서 RMSE 및 Bias와 R에 대한 분석을 수행하였다. Fig. 4에서 x축은 GLASS 지표면 알베도이며 y축은 GK-2A/AMI와 COMS/MI의 지표면 알베도를 나타낸다. GLASS 지표면 알베도와 비교하였을 때 GK-2A/AMI와 COMS/MI의 지표면 알베도 값은 유사한 형태의 분포를 보이고 있다. 각각의 RMSE는 0.038, 0.030의 값을 나타내고 Bias는 -0.021, -0.016으로 나타났다. 이는 0.05 이내의 정상 범위의 낮은 RMSE 오차율을 보이거나 GK-2A/AMI 대비 COMS/MI가 GLASS와 유사한 경향을 보인다.

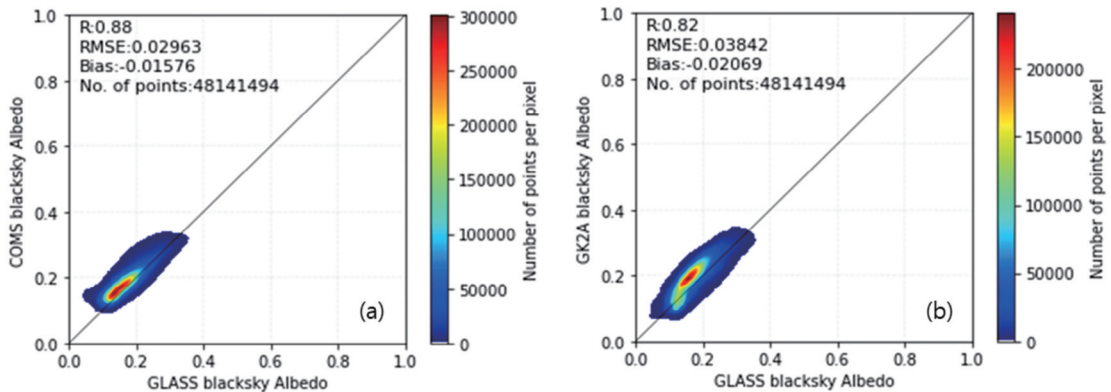


Fig. 4. Scatter Density plot of surface albedo of COMS/MI and GK-2A/AMI with GLASS albedo. (a) COMS/MI, (b) GK-2A/AMI.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 COMS/MI 및 GK-2A/AMI 지표면 알베도 자료의 일관성 있는 기후자료로 사용하기 위해 위성 상호간의 오차 특성을 파악하고 지상관측자료(AERONET) 및 타 위성자료(GLASS)와 비교 분석하였다. COMS/MI와 GK-2A/AMI의 지표면 알베도 산출물 상호 비교 결과, 두 자료간의 RMSD는 0.05 정도의 오차가 있는 것으로 분석되었다. 지상관측자료와 두 위성의 지표면 알베도 산출물과 오차를 비교하였을 때 GK-2A/AMI RMSE가 0.015로 COMS/MI의 RMSE인 0.044보다 0.029 낮은 RMSE를 보였다. 또한 히스토그램 분포 분석 결과 GK-2A/AMI와 지상관측자료 대비 COMS/MI가 높은 값을 나타냈다. 타 위성자료 GLASS와 비교 검증에서는 COMS/MI의 RMSE가 0.03, GK-2A/AMI RMSE가 0.038로 COMS/MI가 0.008의 낮은 RMSE 정확도를 보였다. 본 연구에서는 COMS/MI와 GK-2A/AMI 지표면 알베도 산출물의 오차 정도를 확인하였으나 다양한 조건에 따른 오차 특성을 고려하지 못했다. 향후, 본 연구에서 분석된 오차 특성과 함께 지표타입별, 월별, 위성천정각별 등의 다양한 조건에 대해 분석과 함께 시공간에 대한 평가를 수행한다면 COMS/MI 및 GK-2A/AMI 지표면 알베도 산출물의 오차 특성 이해 도움이 될 것이다. 또한 이를 바탕으로 향후 일관성 있는 보정이 이루어진다면 위성기반 장기간 지표면 알베도의 자료의 획득이 가능하고 수문학적 활용 및 기후예측 모델의 중요 입력변수로 기후변화 감시에 적극적으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 사사

본 연구는 국가기상위성센터의 ‘기상위성예보지원 및 융합서비스 기술개발’ 과제의 지원으로 수행되었음. (This research was supported by “The Technical Development on Weather Forecast Support and Fusion Service using Meteorological Satellites” of the NMSC/KMA)

#### References

Cess, R.D., M.H. Zhang, W.J. Ingram, G.L. Potter, V. Alekseev, H.W. Barker, and R.T. Wetherald, 1996. Cloud feedback in atmospheric general circulation models: An update, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 101(D8): 12791-12794.

Dickinson, R.E. 1983. Land surface processes and climate—Surface albedos and energy balance, *In Advances in Geophysics*, 25: 305-353.

Fuster, B., J. Sánchez-Zapero, and F. Camacho, 2018. *Copernicus Global Land Operations, “Vegetation and Energy”, (Validation Report) version 1.5, Copernicus Europe’s eyes on Earth, Europe.*

Govaerts, Y.M., A. Lattanzio, B. Pinty, and J. Schmetz, 2004. Consistent surface albedo retrieval from two adjacent geostationary satellites, *Geophysical Research Letters*, 31: L15201.

Govaerts, Y.M., A. Lattanzio, M. Taberner, and B. Pinty, 2008. Generating global surface albedo products from multiple geostationary satellites, *Remote Sensing of Environment*, 112(6): 2804-2816.

He, T., S. Liang, and D.X. Song, 2014. Analysis of global land surface albedo climatology and spatial-temporal variation during 1981-2010 from multiple satellite products, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119(17): 10-281.

Lee, K.S., S.R. Chung, C. Lee, M. Seo, S. Choi, N.H. Seong, and K.S. Han, 2020. Development of Land Surface Albedo Algorithm for the GK-2A/AMI Instrument, *Remote Sensing*, 12(15): 2500.

Lee, D., M. Seo, K.S. Lee, S. Choi, H. Kim, D. Jin, and K.S. Han, 2016. Landsat 8-based high resolution surface broadband albedo retrieval, *Korean Journal of Remote Sensing*, 32(6): 741-746 (in Korean with English abstract).

Liang, S., J. Cheng, K. Jia, B. Jiang, Q. Liu, Z. Xiao, and J. Zhou, 2021. The global land surface satellite (GLASS) product suite, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 102(2): E323-E337.

Loew, A. and Y. Govaerts, 2010. Towards multidecadal consistent Meteosat surface albedo time series, *Remote Sensing*, 2(4): 957-967.