Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 4 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Received: 25 October 2021
Revised: 3 December 2021
Accepted: 12 December 2021

องค์ประกอบของค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก ณ อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร

Components of Atmospheric Extinction Coefficient at Princess Sirindhorn AstroPark

ดลฤดี สุขใจ[1*] ถิรนันท์ สอนแก้ว[1] นิพนธ์ นายหว่าง[1] ธนกิจ ใจพะยัก[1] กัญญ์วรา พานประทีป[1]
สุพรรษา กาไชยา[1] ณัฐกานต์ จันทร์ทิพย์[1] สมสวัสดิ์ รัตนสูรย์[2] และ Ronald Macatangay[2]
Donrudee Sookjai[1*] Thiranan Sonkeaw[1] Nipon Naiwang [1] Tanakij Jaipayuk[1]
Kunwara Panprateep[1] Suphansa Kachaiya[1] Nuttakarn Juntip[1] Somsawat Rattanasoon[2]
and Ronald Macatangay[2]
[1] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
[2] สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์กรมหาชน)
[*] dondee@g.lpru.ac.th

บทคัดย่อ

ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก ณ หอดูดาวอุทยานดาราศาสตร์สิรินธร จากการศึกษาด้วยกล้องโทรทรรศน์ชนิดสะท้อนแสงขนาด 0.7 เมตร โดยวิธีซีซีดีโฟโตเมตรีด้วยแผ่นกรองแสง B, V, R และ I ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.155 ± 0.121, 0.823 ± 0.096, 0.625 ± 0.073 และ 0.424 ± 0.051 ตามลำดับ ทำให้ได้สมการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การกระเจิงจากอนุภาคละอองลอยของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกคือ $\kappa_{aer}(\lambda,h) = 0.39\ (\pm 0.02)\lambda^{-0.90\ (\pm 0.09)}$ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ประมาณปริมาณอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศเหนือหอดูดาวได้

คำสำคัญ: การกระเจิงจากอนุภาคละอองลอย, อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร, การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก

Abstract

The atmospheric extinction coefficients at the Princess Sirindhorn AstroPark measured with a 0.7 meter reflecting telescope using CCD photometric technique during in February 2020. The results showed that the atmospheric extinction coefficients were 1.155 ± 0.121, 0.823 ± 0.096, 0.625 ± 0.073 and 0.424 ± 0.051 through the B, V, R and I filters respectively. From the results of atmospheric extinction coefficients, an empirical equation for atmospheric aerosol was determined and is given by $K_{aer}(\lambda,h) = 0.39\ (\pm 0.02)\lambda^{-0.90\ (\pm 0.09)}$. This equation can be used to estimate the aerosol in the atmosphere above the observatory.

Keywords: aerosol scattering, Princess Sirindhorn AstroPark, atmospheric extinction coefficients

บทนำ

ชั้นบรรยากาศของโลกทำให้ความเข้มของแสงที่ผ่านมายังโลกนั้นมีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง เนื่องจากพบว่าบรรยากาศประกอบด้วยโมเลกุลของก๊าซ ไอน้ำ โอโซน และอนุภาคแขวนลอยต่าง ๆ ส่งผลให้ข้อมูลทางแสงถูกรบกวนด้วยการกระเจิง และการดูดกลืน ผลกระทบดังกล่าวสามารถพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวในบรรยากาศที่ประกอบด้วย ค่าการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอย (Aerosol scattering) ค่าการกระเจิงแบบเรย์ลีห์ (Rayleigh scattering) และค่าการดูดกลืนแสงเนื่องจากโอโซน (Absorption by ozone) (Hayes & Latham, 1975; Stalin et al., 2008) จากผลการศึกษาของ Hayes และ Latham พบว่าค่าการกระเจิงของแสงแบบเรย์ลีห์เนื่องจากโมเลกุลของก๊าซในบรรยากาศ และค่าการดูดกลืนแสงเนื่องจากโอโซนในบรรยากาศที่ช่วงความยาวคลื่น 330-10,800 นาโนเมตร มีค่าสอดคล้องตามสมการที่ใช้คำนวณเชิงทฤษฎี แต่หากอนุภาคละอองลอยในอากาศมีมากกว่าค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปตามสมการ (2) อาจส่งผลให้ค่าการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศไม่เป็นไปตามสมการ ด้วยเหตุผลดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก และเพื่อนำมาเขียนสมการหาค่าการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศ ณ อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร ที่ตั้งอยู่ใกล้เชิงดอยสุเทพ-ปุย ในเขตพื้นราบใกล้เมืองที่มีประชากรอาศัยอยู่ ในช่วงที่มีการเกิดปัญหาฝุ่นควันจากอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศค่อนข้างสูงของช่วงเดือนมกราคม ถึง เดือนเมษายน

การลดลงของแสงดาวพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาว เนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก ในทางปฏิบัติแล้วเราสามารถวัดโชติมาตรปรากฏโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ โดยพบว่าค่าโชติมาตรที่วัดได้บนพื้นโลกจะมีค่าโชติมาตรปรากฏน้อยกว่าความเป็นจริง ทั้งนี้เนื่องจากค่ามวลอากาศที่ตำแหน่งของดาวเปลี่ยนไปจะส่งผลต่อโชติมาตรปรากฏด้วยเช่นกัน โดยจะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อดาวอยู่ที่ตำแหน่งเซนิท (Zenith) คือมีค่าเท่ากับ 1 และจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเซนิทที่เพิ่มขึ้น อาทิเช่น ดาวอยู่ที่ระนาบขอบฟ้า (ระยะเซนิทมาก) จะมีค่ามวลอากาศมากที่สุดด้วยเช่นกัน ความสัมพันธ์ระหว่างมวลอากาศกับระยะเซนิท มีความสัมพันธ์ตามทฤษฎีของ Bouguer (Hu, 2011) โดยที่ค่าโชติมาตรที่วัดจากเครื่องมือ และค่ามวลอากาศมีความสัมพันธ์กันตามสมการเชิงเส้นดังต่อไปนี้

$$m = m_o + (K'_m)\, M(z) \qquad (1)$$

เมื่อ m_o คือค่าโชติมาตรปรากฏ (Apparent Magnitude) ของดาวนอกชั้นบรรยากาศโลกที่ความยาวคลื่นใด ๆ เมื่อ m ค่าโชติมาตรปรากฏของแสงดาวในชั้นบรรยากาศโลกที่ความยาวคลื่นใด ๆ หรือค่าโชติมาตรปรากฏที่วัดโดยเครื่องมือ (Instrumental Magnitude) และ K'_m คือ สัมประสิทธิ์การลดของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกลำดับที่หนึ่ง (First - Order Extinction Coefficient) ซึ่งอยู่ในหน่วยของค่าโชติมาตรปรากฏต่อมวลอากาศ และ M (z) คือ มวลอากาศ (Airmass)

ยังมีวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกซึ่งหาค่าได้จากผลรวมสมการของการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอย การกระเจิงแบบเรย์ลีห์เนื่องจากโมเลกุลของก๊าซ และการดูดกลืนแสงเนื่องจากโอโซน (Hayes & Latham, 1975) เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากสมการ (1) ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก ณ อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร

2. เปรียบเทียบค่าการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศของโลกที่ได้จากการคำนวณและการใช้เครื่องมือวัด

3. สร้างสมการการกระเจิงของแสงดาวเนื่องจากอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศของโลก ณ อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร

วิธีดำเนินการวิจัย

นักวิจัยได้ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกโดยใช้กล้องโทรทรรศน์เป็นการศึกษาหลัก และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงโดยใช้สมการของ Hayes เพื่อเปรียบเทียบ โดยผลที่ได้ทั้งสองวิธีนี้จะถูกนำไปสร้างสมการการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศต่อไป สำหรับการถ่ายถาพดาวนั้นใช้ซีซีดีโฟโตมิเตอร์ (CCD Photometer) รุ่น CCD FLI ProLine KAF-16803 ความละเอียด 4096 x 4096 พิกเซล ที่มีขนาดของพิกเซลเท่ากับ 9 ไมโครเมตร ติดตั้งร่วมกับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงแบบริชชี-เครเทียน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร อัตราส่วนโฟกัส f/6.5 ความยาวโฟกัส 4540 มิลลิเมตร และบันทึกภาพด้วยแผ่นกรองแสง B V R และ I มีความยาวคลื่นเท่ากับ 440 550 700 และ 880 นาโนเมตร ตามลำดับ ถ่ายภาพและประมวลผลภาพด้วยซอฟต์แวร์ MaxIm DL Pro ทำการศึกษา ณ หอดูดาวอุทยานดาราศาสตร์สิรินธร ต.ดอนแก้ว อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ โดยมีความสูงเหนือระดับน้ำทะเล 332 เมตร ตำแหน่งที่ตั้งละติจูด 18.85 องศาเหนือ และลองจิจูด98.95 องศาตะวันออก มีการดำเนินการวิจัยเพื่อพิจารณาผลดังต่อไปนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกอันดับที่หนึ่ง (K'_m) จากกล้องโทรทรรศน์

งานวิจัยนี้เลือกใช้ดาวจำนวน 15 ดวง จาก 3 กลุ่ม คือ RU149 RU152 และ SA98 แสดงค่าตำแหน่งและความสว่างของดาวในตารางที่ 1 ถ่ายภาพดาวที่ระดับมุมเงยมากกว่า 30 องศาจากขอบฟ้า ผ่านแผ่นกรองแสง B V R และ I จำนวน 5 คืน ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 ที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กมากในภาคเหนือของประเทศไทย วิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยโปรแกรม MaxIm DL Pro 6 จะได้ค่าวันจูเลียนและค่าโชติมาตรของดาวในแต่ละแผ่นกรองแสง นำค่าวันที่ได้นั้นไปหาค่ามวลอากาศของดาวทุกดวงในแต่ละแผ่นกรองแสง วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวในบรรยากาศ K'_m ของแต่ละแผ่นกรองแสงจากสมการ (1) ขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ค่า K'_m นี้ดูเพิ่มเติมเอกสารอ้างอิง (Skinakas Observatory, 2020)

ตารางที่ 1 แสดงตำแหน่งและดัชนีสีของดาวมาตรฐาน 15 ดวง (Landolt, 2009)

ชื่อ	ตำแหน่งดาว		ดัชนีสี (Color Index)				
	RA (h m s)	DEC (° ′ ″)	v	b-v	u-b	v-r	r-i
RU 149	07 24 14.372	-00 33 04.17	13.866	-0.129	0.779	-0.040	-0.068
RU 149A	07 24 13.216	-00 32 53.11	14.495	0.298	0.118	0.196	0.196
RU 149C	07 24 17.312	-00 32 25.78	14.425	0.195	0.141	0.093	0.127
RU 149E	07 24 18.409	-00 31 18.58	13.718	0.522	0.007	0.321	0.314
RU 149F	07 24 14.077	-00 31 38.69	13.471	1.115	1.025	0.594	0.538
RU 152	07 29 58.476	-02 06 37.59	13.017	-0.187	-1.081	-0.059	-0.088
RU 152A	07 30 00.483	-02 06 22.67	14.341	0.543	-0.085	0.325	0.329
RU 152C	07 30 02.570	-02 05 39.30	12.222	0.573	-0.013	0.342	0.340
RU 152D	07 30 06.076	-02 04 37.51	11.076	0.875	0.491	0.473	0.449
RU 152E	07 29 54.256	-02 05 30.83	12.362	0.042	-0.086	0.030	0.034
SA98 650	06 52 04.528	-00 19 38.29	12.271	0.157	0.110	0.080	0.086
SA98 666	06 52 09.945	-00 23 32.01	12.732	0.164	-0.004	0.091	0.108
SA98 670	06 52 11.514	-00 19 16.37	11.930	1.357	1.325	0.727	0.654
SA98 685	06 52 18.468	-00 20 19.51	11.954	0.463	0.096	0.290	0.280
SA98 688	06 52 18.874	-00 23 32.82	12.754	0.293	0.245	0.158	0.180

2. ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกจากการคำนวณ

คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกทั้งหมดประกอบด้วย ค่าการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอย (K_{aer}) ค่าการกระเจิงแบบเรย์ลีห์จากโมเลกุลของก๊าซ (K_{ray}) และค่าการดูดกลืนแสงเนื่องจากโอโซน (K_{oz}) (Hayes & Latham, 1975; Stalin et al., 2008) ดังสมการ (2) – (4) ดังนี้

$$K_{aer}(\lambda,h) = A_0\lambda^{-\alpha}e^{(-h/H)} \quad (2)$$

โดยที่ค่า H = 1.5 กิโลเมตร $A_{\circ}$= 0.087 และ α = 0.8 และ λ คือความยาวคลื่นในหน่วยไมโครเมตร และ h คือความสูงของหอดูดาวเหนือระดับน้ำทะเล ดังนั้นที่หอดูดาวอุทยานดาราศาสตร์สิรินธรที่มีค่า h เท่ากับ 0.332 กิโลเมตร ทำให้เขียนสมการ (2) ได้ว่า $K_{aer}(\lambda,h) = 0.07\lambda^{-0.8}$

$$K_{ray}(\lambda,h) = 9.4977\times10^{-3}\left(\frac{1}{\lambda}\right)^4 C_{ray}{}^2 e^{(-h/7.996)} \quad (3)$$

โดยที่

$$C_{ray} = 0.23465+\left[\frac{1.076\times10^2}{146-(1/\lambda)^2}\right]+\left[\frac{0.93161}{41-(1/\lambda)^2}\right]$$

$$K_{oz}(\lambda) = 0.27775C_{oz}(\lambda) \quad (4)$$

โดยที่

$$C_{oz}(\lambda) = 3025e^{-131(\lambda-0.26)}+0.1375e^{-188(\lambda-0.59)^2}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ค่าการดูดกลืนแสงเนื่องจากโอโซน และค่าการกระเจิงแบบเรย์ลีห์จากโมเลกุลของก๊าซเป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นที่ใช้วัดและความสูงของตำแหน่งที่ทำการวัด ดังแสดงในสมการ (3) และ (4) แต่สำหรับค่าการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอยในสมการ (2) มีค่าเปลี่ยนแปลงตามสภาพของอากาศที่มีอนุภาคฝุ่น อนุภาคเกลือ และมลพิษที่มนุษย์สร้างขึ้น เป็นต้น ค่านี้จึงหาได้ใหม่จากสมการ (5) ของทุกแผ่นกรองแสง U B V R และ I

$$K_{aer}(\lambda,h) = K_{\text{กล้อง}}(\lambda)-K_{ray}(\lambda,h)-K_{oz}(\lambda) \quad (5)$$

นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์สมการเชิงเส้น ด้วยความสัมพันธ์ของค่าลอการิทึมกับความยาวคลื่น เพื่อจัดให้อยู่ในรูปเลขชี้กำลัง ดังสมการ

$$K_{aer}(\lambda,h) = \beta\lambda^{-\alpha} \quad (6)$$

เมื่อ β และ α เป็นค่าคงที่ของสมการ โดยค่า β เป็นฟังก์ชันของความสูงมีค่าเท่ากับ $A_0e^{(-h/H)}$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกอันดับที่หนึ่ง (K_m')

สัมประสิทธิ์การลดลงของแสงเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกอันดับที่หนึ่ง เมื่อวิเคราะห์ค่าสมการถดถอย จากความสัมพันธ์ของค่ามวลอากาศกับค่าโชติมาตรจากกล้องโทรทรรศน์ (m) ของแผ่นกรองแสง B V R และI ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากบรรยากาศของโลกลำดับที่หนึ่งของแผ่นกรองแสง U B V R และ I

วัน/เดือน/ปี	B (0.440 μm)	V (0.550 μm)	R (0.700μm)	I (0.880 μm)
15/02/2563	1.041 ± 0.027	0.716 ± 0.021	0.544 ± 0.015	0.375 ± 0.018
16/02/2563	1.110 ± 0.029	0.801 ± 0.022	0.642 ± 0.019	0.439 ± 0.017
21/02/2563	1.122 ± 0.048	0.809 ± 0.036	0.591 ± 0.027	0.388 ± 0.023
22/02/2563	1.140 ± 0.027	0.805 ± 0.014	0.610 ± 0.013	0.413 ± 0.009
23/02/2563	1.360 ± 0.028	0.983 ± 0.017	0.739 ± 0.013	0.504 ± 0.011
ค่าเฉลี่ย $K_{กล้อง}$	1.155 ± 0.121	0.823 ± 0.096	0.625 ± 0.073	0.424 ± 0.051

โดยจะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์การลดของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกลำดับที่หนึ่งของแผ่นกรองแสง B V R และI เฉลี่ยเท่ากับ 1.155 ± 0.121, 0.823 ± 0.096, 0.625 ± 0.073 และ 0.424 ± 0.051 ตามลำดับ จะมีค่าแปรผกผันกับความยาวคลื่นของแผ่นกรองที่ใช้ หรือลดลงตามความยาวคลื่นที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง

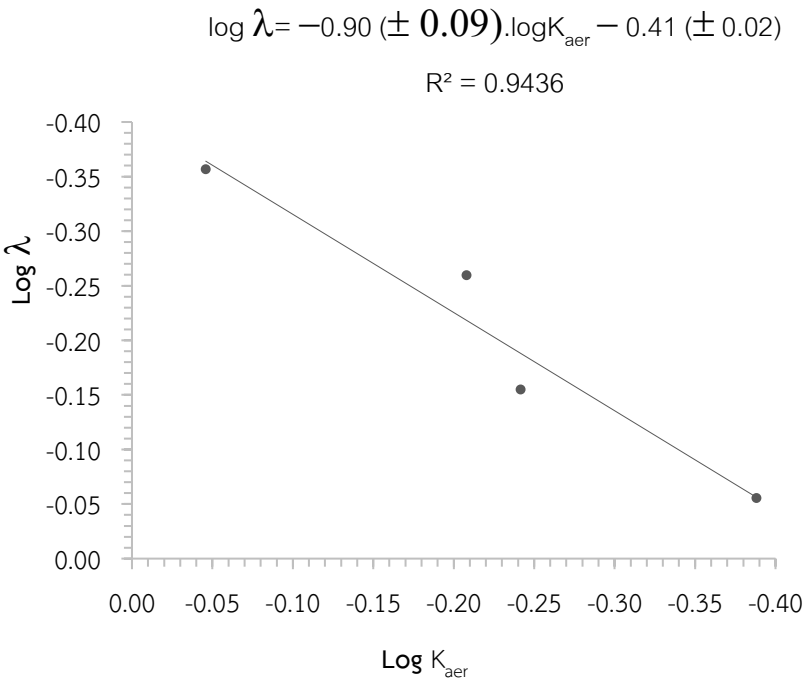
2. ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกจากการคำนวณ

ผลลัพธ์ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกจากปัจจัยต่าง ๆ ทางบรรยากาศได้ถูกคำนวณด้วยสมการ (2) (3) และ (4) ดังแสดงในตารางที่ 3 และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงเนื่องจากอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศซึ่งคำนวณจากผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดจริงด้วยกล้องโทรทรรศน์, $K_{กล้อง}$ ได้นำมาคำนวณด้วยสมการ (5) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศจริงในขณะนั้น โดยพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การลดลงเนื่องจากละอองลอยจากการวัดได้มีค่ามากกว่าการคำนวณด้วยสมการอยู่ประมาณ 5.91 เท่า (เฉลี่ยจากทุกความยาวคลื่นที่แสดงในคอลัมน์สุดท้ายของตารางที่ 3) และมากกว่าค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวจากการกระเจิงแบบเรย์ลีห์และค่าจากการดูดกลืนแสงเนื่องจากโอโซน ในทุกค่าความยาวคลื่น

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกจากปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากการคำนวณ (ด้วยสมการ) และกล้องโทรทรรศน์

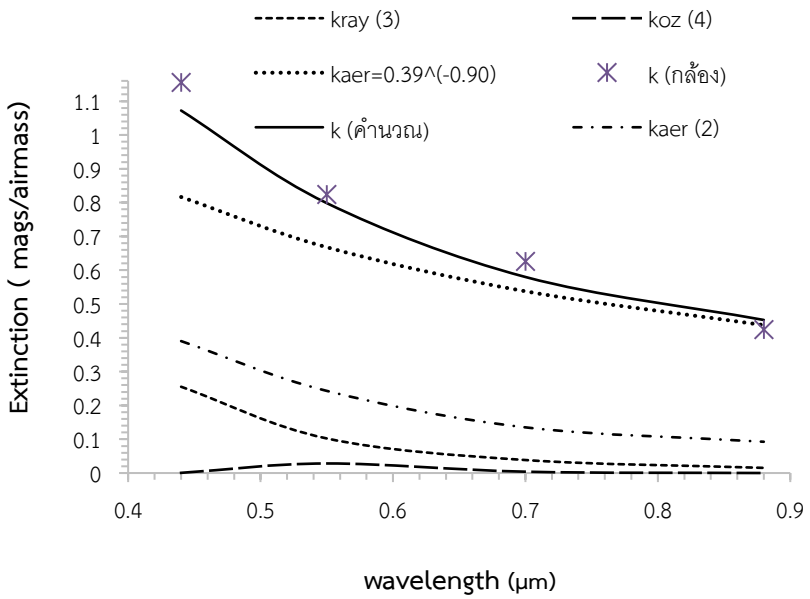
λ (μm)	**การวัด**	**การคำนวณ**				$\frac{K_{aer}^{(5)}}{K_{aer}^{(2)}}$
	$K_{\text{กล้อง}}$	$K_{aer}^{(2)}$	$K_{ray}^{(3)}$	$K_{oz}^{(4)}$	$K_{aer}^{(5)}$	
0.440 (B)	1.1550	0.1345	0.2552	0.0020	0.8978	6.6750
0.550 (V)	0.8235	0.1125	0.1023	0.1018	0.6194	5.5058
0.700 (R)	0.6258	0.0928	0.0384	0.0141	0.5733	6.1778
0.880 (I)	0.4243	0.0772	0.0152	1.870E-08	0.4091	5.2992
ค่าเฉลี่ย $K_{aer}^{(5)} / K_{aer}^{(2)}$						5.9145 ± 0.55

เมื่อนำผลที่ได้จากสมการ (5) ไปวิเคราะห์ค่าละลองลอยในบรรยากาศเพื่อหาสมการเชิงเส้นดังแสดงในรูปที่ 1 และแปลงค่าที่ได้ให้อยู่ในรูปแบบของสมการการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอยของแสงในบรรยากาศดังสมการ (6) ทำให้ได้สมการคือ $K_{aer}(\lambda,h) = 0.39\ (\pm 0.02)\lambda^{-0.90\ (\pm 0.09)}$ โดยค่าคงที่ของตัวคูณต่างจากสมการทั่วไปในสมการ (2) $K_{aer}(\lambda,h) = 0.07\lambda^{-0.8}$ อยู่ประมาณ 5.57 เท่า ใกล้เคียงกับค่าความต่างของค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้ดังแสดงในข้างต้น



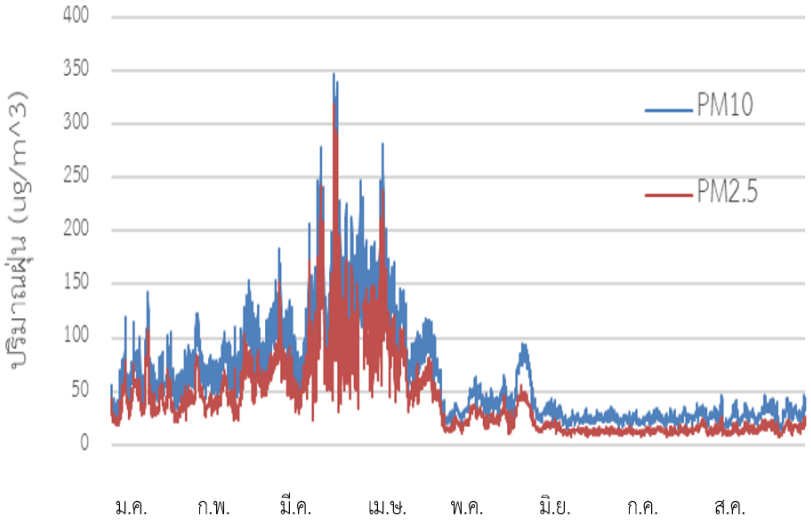
รูปที่ 1 สมการเชิงเส้นของการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอยของแสงในบรรยากาศ

เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสมการ $K_{aer}(\lambda,h)$ ที่ได้ เราสามารถแทนค่าความยาวคลื่นในสมการ $K_{aer}(\lambda,h) = 0.39\ (\pm 0.02)\lambda^{-0.90\ (\pm 0.09)}$ ซึ่งจะนำค่าที่ได้มารวมกับค่า K_{ray} และ K_{oz} ของแต่ละแผ่นกรองแสง B V R และ I ผลลัพธ์ใหม่คือค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงเนื่องจากบรรยากาศโลก ดังแสดงในเส้นทึบ $K_{(คำนวณ)}$ ในกราฟรูปที่ 2 โดยพบว่ามีแนวโน้มเดียวกันกับผลการวัดของกล้องโทรทรรศน์ $K_{(กล้อง)}$



รูปที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกที่ได้จากการคำนวณเชิงทฤษฎีและจากกล้องโทรทรรศน์

จากสมการ $K_{aer}(\lambda,h) = 0.39\ (\pm 0.02)\lambda^{-0.90\ (\pm 0.09)}$ ที่ได้แสดงว่ากระเจิงของแสงจากอนุภาคละอองลอยในบรรยากาศของโลก ณ หอดูดาวอุทยานดาราศาสตร์สิรินธร มีค่ามากกว่าสมการที่ใช้พิจารณาอนุภาคละอองลอยโดยทั่วไปสมการ (2) ทั้งนี้เพราะในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ในภาคเหนือของประเทศไทยมีการเผาไหม้ทางชีวมวลที่มีอยู่มาก ดังกราฟแสดงปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กในปี พ.ศ. 2563 แสดงในรูปที่ 3 ที่ตรวจวัดได้จากศูนย์ราชการจังหวัดเชียงใหม่ที่อยู่ห่างจากหอดูดาวสิรินธรประมาณ 2.5 กิโลเมตร ที่พบว่าปริมาณฝุ่นมีค่ามากตั้งแต่กลางเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม โดยค่าฝุ่น PM10 เฉลี่ยตั้งแต่วันที่ 15 - 23 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 ในช่วงเดียวกับที่ทำวิจัยนี้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 92 $\mu g/m^3$ และ ค่าฝุ่นละออง PM2.5 วัดได้เฉลี่ย 62 $\mu g/m^3$ มากกว่าค่ามาตรฐานของ WHO ที่กำหนดไว้ 50 $\mu g/m^3$ และ 25 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ตรงกับผลของสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากอนุภาคละอองลอยที่วัดได้จากงานวิจัยนี้มีค่ามากกว่าการคำนวณด้วยสมการปกติ



รูปที่ 3 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก วัดจากศูนย์ราชการจังหวัดเชียงใหม่ ม.ค. - ส.ค. 2563

สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกที่เกิดจากการกระเจิงโดยอนุภาคละอองลอย ค่าการดูดกลืนแสงเนื่องจากโอโซน และการกระเจิงแบบเรย์ลีห์ ณ หอดูดาว อุทยานดาราศาสตร์สิรินธร ด้วยกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงขนาด 0.7 เมตร ด้วยแผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่น U B V R และ I พบว่าที่ค่า สัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวมีค่าในระดับที่สูงมากเนื่องจากหอดูดาวตั้งอยู่ในระดับที่ต่ำ ประกอบกับค่ากการกระเจิงแสงของอนุภาคละอองลอยที่มาก ทั้งนี้สามารถวิเคราะห์ค่าการกระเจิงจากอนุภาคละอองลอยของแสงในบรรยากาศของโลกในรูปแบบสมการ $K_{aer}(\lambda,h) = 0.39\ (\pm 0.02)\lambda^{-0.90\ (\pm 0.09)}$ และผลวิจัยที่ได้เหล่านี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของหอดูดาวเพื่อกำหนดความเหมาะสมของอุปกรณ์การถ่ายภาพทางดาราศาสตร์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ทีมวิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) สำหรับการสนับสนุนทุนการวิจัยและเจ้าหน้าที่ในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางที่สนับสนุนและส่งเสริมการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Landolt, A. U. (2008). “UBVRI Photometric Standard Stars Around the Celestial Equator: Updates and Additions”, **Astronomical Journal**. 2009 (137), 4186-4262, doi.org/10.1088/0004-6256/137/5/4186.

Skinakas Observatory. (2020). “Project 2 CCD Photometry”. July 1, 2020, from http : // skinakas2. physics.uoc. gr / en / outreach / projects / CCD_ Photometry_project2 / P2_CCD_PHOTOMETRY. Pdf.

Hu, B. (2010). “Preliminary Results of Atmospheric Extinction Coefficient Measurements at Gaomeigu Observational Station”. **Chinese Astronomy and Astrophysics**. 2011 (35), 199-208.

Stalin, C. S., Hegde, M., Sahu, D. K., Parihar, P. S., Anupama, G. C., Bhatt, B. C., & Prabhu, T. P. P. (2008). “Night Sky at the Indian Astronomical Observatory During 2000-2008”. **Bulletin of the Astronomical Society of India**. 2008 (36), 111-127.

Hayes, D. S. & Latham, D. W. (1974) “Rediscussion of the Atmospheric Extinction and the Absolute Spectral-Energy Distribution of VEGA”. **Astrophysical Journal**. 1975 (197), 593-601.