



มหาวิทยาลัยฟาฏอนี ร่วมกับ เครือข่ายความร่วมมือ

มหาวิทยาลัยนเรศวร นครศรีธรรมราช และมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

Proceedings

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6

เรื่อง

สร้างสรรคงานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศ
สู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืนในยุค

Thailand 4.0

(การนำเสนอแบบโปสเตอร์)

18 ตุลาคม 2017

ณ อาคารเรียนรวมเฉลิมพระเกียรติ

มหาวิทยาลัยฟาฏอนี

ความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองในบรรยากาศที่ประเทศมาเลเซีย และประเทศสิงคโปร์

รุตมาตี สะบูติง¹ สมภรณ์ ชัยวราภรณ์¹ และฮูเซ็ง ชายดานา¹

¹ สาขาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองที่รัฐปีนัง ตลอดจนรัฐซาราวัก สำหรับประเทศมาเลเซีย และประเทศสิงคโปร์ ในกรณีรายวัน และรายวันเฉลี่ยต่อเดือน โดยใช้ข้อมูลสเปกตรัมรังสีดวงอาทิตย์จากเครื่องเซนโซโตนมิเตอร์ ที่ทำการวัดที่สถานีวัด 3 แห่ง คือรัฐปีนัง (5.36°N 100.30°E) รัฐซาราวัก (1.49°N 110.35°E) และสิงคโปร์ (1.30°N 103.78°E) จากนั้นได้นำข้อมูลจำนวน 7 ปี มาทำการวิเคราะห์หาคุณสมบัติของฝุ่นละออง ได้แก่ ความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง (AOD) ผลการวิเคราะห์พบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในรอบปีของความลึกเชิงแสงที่ 500 nm ของทั้ง 3 สถานี มีลักษณะคล้ายกัน

เนื่องจากจำนวนสถานีวัดฝุ่นละอองในประเทศมาเลเซีย และประเทศสิงคโปร์ยังมีจำนวนน้อย ผู้วิจัยจึงเสนอแนะว่าควรเพิ่มจำนวนสถานีวัดฝุ่นละอองเพื่อให้ได้ข้อมูลความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองครอบคลุมพื้นที่กว้างขวางขึ้น

คำสำคัญ: ฝุ่นละออง ความลึกเชิงแสง ความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง

Aerosol Optical Depth in Atmosphere at Malaysia and Singapore

Rusmadee Sabooding¹ Sommkorn Chaiwarakorn¹ and Huseng chaidana¹

¹ Physics, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala

Abstract

In this work, aerosol optical depth at penang state and sarawak state for malaysia and singapore. In the case daily and monthly average AOD. The investigation was based the solar spectrum from sunphotometers measured at 3 location: penang state station (5.36°N 100.30°E) sarawak state station (1.49°N 110.35°E) and singapore station (1.30°N 103.78°E). The spectral data for the period 7 year from these measurements were aerosol namely, aerosol optical depth (AOD). It was found that the seasonal variation of AOD at 500 nm from the three sites have a similar pattern.

As the number of aerosol monitoring station in malaysia and singapore are still very limited, it is suggested that number of the stations be increased in order to obtain more spatial coverage of information on aerosol optical depth.

Keyword: Aerosol, Optical Depth, Aerosol Optical Depth



บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปแล้วว่าการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจ และอุตสาหกรรมของมนุษย์ในช่วง 150 ปีที่ผ่านมา ส่งผลกระทบต่อระบบภูมิอากาศของโลก กิจกรรมที่สำคัญ ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล และชีวมวลต่างๆ โดยผลที่สำคัญของกิจกรรมเหล่านี้คือ อุณหภูมิของบรรยากาศโลกที่เพิ่มขึ้นประมาณ $0.6 \pm 0.2\text{K}$ (Kaufman et al., 2002)

ฝุ่นละอองมีผลกระทบมากมายต่อบรรยากาศรวมทั้งมนุษย์ โดยผลกระทบของฝุ่นละอองขึ้นอยู่กับปริมาณ และสมบัติของฝุ่นละออง ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และฤดูกาล ผลกระทบหลักเริ่มจากการกระเจิง และการดูดกลืนของรังสีดวงอาทิตย์ โดยฝุ่นละอองที่มีการกระเจิงสูงมาก จะส่งผลให้แสงอาทิตย์กระเจิงออกไปนอกบรรยากาศโลกได้ดี ทำให้ชั้นบรรยากาศจะเย็นกว่าปกติ แต่ฝุ่นละอองที่มีการดูดกลืนสูงมากจะทำให้ชั้นบรรยากาศร้อนขึ้นกว่าปกติ ซึ่งส่งผลทำให้สมดุลการถ่ายเทรังสีในบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป ผลดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อสภาวะบรรยากาศโลก นอกจากนี้ฝุ่นละอองยังเป็นแกนกลางของการกลั่นตัวของเมฆในบรรยากาศ แต่ฝุ่นละอองบางชนิดกลับรบกวนการกลั่นตัวของเมฆเป็นเม็ดฝน จึงมีส่วนทำให้ฝนแล้ง แต่ถ้ามีฝุ่นละอองบางชนิดที่เป็นแกนของฝนมากเกินไปก็จะทำให้ฝนมาก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง จึงมีผลกระทบต่อวัฏจักรของน้ำในแต่ละภูมิภาคของโลกอีกด้วย

ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวล (biomass burning) การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในโรงงานอุตสาหกรรม และยานยนต์ต่างๆ ฝุ่นละอองเหล่านี้มีองค์ประกอบ และสมบัติทางฟิสิกส์แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่นฝุ่นละอองจากการเผาไหม้ชีวมวลจะเป็น organic carbon (OC) ซึ่งกระเจิงรังสีดวงอาทิตย์ได้ถึง 90% (Kaufman et al., 2002) ส่วนฝุ่นละอองจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรของโรงงานอุตสาหกรรม และยานยนต์ส่วนใหญ่จะเป็น black carbon (BC) ซึ่งดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์มากถึง 50% ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจของมนุษย์ดังกล่าวมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามการขยายตัวของเศรษฐกิจของประเทศต่างๆ ฝุ่นละอองดังกล่าวมีบทบาทสำคัญต่อสมดุลของพลังงานของระบบบรรยากาศโลก ทั้งทางตรง (direct effect) และทางอ้อม (indirect effect) โดยผลทางตรง คือการทำให้รังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านบรรยากาศมายังพื้นผิวโลกลดลง ทั้งนี้เนื่องจากฝุ่นละอองจะดูดกลืนและกระเจิง (scatter) รังสีดวงอาทิตย์ (solar radiation) ที่ผ่านบรรยากาศปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ลดลงจะส่งผลกระทบต่ออัตราการระเหยของน้ำ การสังเคราะห์แสงของพืช และอุณหภูมิของพื้นผิวโลก จากการคำนวณสมดุลของพลังงานที่ระดับบนสุดของบรรยากาศ (IPCC, 2007) พบว่า ฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวลจะมีผลทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศลดลง แต่ฝุ่นละอองที่เป็น black carbon ซึ่งเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม และยานยนต์จะดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศเพิ่มขึ้น และทำให้อุณหภูมิของพื้นผิวโลกลดลง ซึ่งมีผลทำให้เกรเดียนต์ (gradient) ของอุณหภูมิอากาศในแนวตั้งลดลง การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะทำให้อัตราการระเหยของน้ำลดลง ซึ่งทำให้การก่อตัวของเมฆลดลงด้วย ผลดังกล่าวยืนยันได้จากงานวิจัยในประเทศบราซิล และอินเดีย (Hansen et al., 1997; Ramanathan and Ramana, 2005)

สำหรับผลทางอ้อมของฝุ่นละออง จะเป็นผลที่มีต่อเมฆ ทั้งนี้เพราะโดยทั่วไปฝุ่นละอองจะทำหน้าที่เป็นแกนกลางของการกลั่นตัวของไอน้ำเป็นเมฆ (cloud condensation nuclei, CCN) การเพิ่มขึ้นของฝุ่นละอองทำให้มีอนุภาคของละอองน้ำมากขึ้น ซึ่งอาจทำให้ปริมาณฝนเพิ่มขึ้น จากผลทั้งทางตรง และทางอ้อมของฝุ่นละอองต่อระบบบรรยากาศ จะเห็นว่าการเพิ่มขึ้นของฝุ่นละอองจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจ



ของมนุษย์ย่อมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบบรรยากาศที่รุนแรงเช่นเดียวกับก๊าซเรือนกระจก (Yu et al., 2005; Chylek et al., 2006)

ความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง (Aerosol Optical Depth, AOD) เป็นการวัดค่าการส่งผ่านของรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องผ่านหมอก และฝุ่นละอองลงมายังพื้นโลกของเรา โดยทั่วไปอนุภาคเหล่านี้จะรวมไปถึงถึงฝุ่นละออง คาร์บอน และมลพิษที่กระจายตัวอยู่ในบรรยากาศ ซึ่งมีคุณสมบัติในการขวางกั้นรังสีโดยการดูดกลืน และสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ ค่า AOD นี้ สามารถบ่งบอกถึงปริมาณรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ที่ถูกขวางกั้นโดยอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศก่อนที่จะส่งลงมาถึงพื้นดิน ค่า AOD เป็นค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของจำนวนอนุภาคที่วัดได้เหนือพื้นดินในแนวตั้งขึ้นไปกับค่าของจำนวนอนุภาคที่วัดได้บริเวณจุดสังเกตบนพื้นดิน (ภูวกฤต ใจหอม 2553)

ในกรณีของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าเป็นบริเวณที่มีฝุ่นละอองอยู่หนาแน่นมากกว่าบริเวณอื่นๆ ของโลก ทั้งนี้เพราะมีการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็วในประเทศจีน อินเดียและประเทศอื่นๆ ในย่านนี้ รวมทั้งประเทศไทยด้วย อย่างไรก็ตามยังเป็นย่านที่มีการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และการเผาป่าอย่างกว้างขวางจนบางครั้งเกิดเหตุการณ์หมอกควันปกคลุมตัวเมือง เช่น เหตุการณ์ในอินโดนีเซีย ซึ่งมีผลกระทบถึงจังหวัดภาคใต้ของประเทศไทยจะเห็นได้ว่าฝุ่นละอองในภูมิภาคนี้มีความสำคัญต่อระบบบรรยากาศ ซึ่งจะส่งผลกระทบยาวต่อระบบภูมิอากาศด้วย ดังนั้นการคาดการณ์สถานะภูมิอากาศในอนาคตจำเป็นต้องมีองค์ความรู้มิใช่เฉพาะก๊าซเรือนกระจกเท่านั้น แต่ต้องมีความรู้ เกี่ยวกับฝุ่นละอองด้วย

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเสนอที่จะนำการศึกษาความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองในบริเวณรัฐปีนัง ตลอดจนรัฐซาราวักสำหรับประเทศมาเลเซีย และประเทศสิงคโปร์ เพื่อให้ทราบธรรมชาติของฝุ่นละอองในบริเวณนี้ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย (Objective)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองในบรรยากาศของรัฐปีนัง รวมทั้งรัฐซาราวักสำหรับประเทศมาเลเซีย และประเทศสิงคโปร์

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Reviews)

ประเภทฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองในอากาศแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆตามคุณลักษณะทางกายภาพได้ 2 ประเภท

1. ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ (Organic Dust) แบ่งออกได้

1.1 ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ที่ไม่มีชีวิต ฝุ่นละอองชนิดนี้ จะมีพิษต่อร่างกายหรือทำความระคายเคืองให้กับร่างกายได้ เช่นละอองเกสรพืช หรือหญ้า

1.2 ฝุ่นละอองจากรสารอินทรีย์ที่มีชีวิต เช่น แบคทีเรีย ฟังไจ บางชนิดทำให้เกิดโรคในคน และสัตว์ เป็นต้น

2. ฝุ่นละอองจากสารอนินทรีย์ (Inorganic Dust) เช่น Flint dust ที่เกิดจากการบดหิน Hematite dust ที่เกิดจากโรงงานหลอมโลหะและ Asbestos dust เป็นต้น



การจำแนกประเภทของฝุ่นละอองในอากาศสามารถจำแนกได้อีกลักษณะหนึ่ง คือลักษณะการเกิดฝุ่นละออง ดังนี้

1. ฝุ่นปฐมภูมิ (Primary Emission Particulate Matter)

เกิดจากการปล่อยของแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น ฝุ่นจากถนน ฝุ่นเกลือจากทะเล ฝุ่นจากกระแสดลมพัดผ่าน ชี้อากาศ เขม่าควันไฟ

2. ฝุ่นทุติยภูมิ (Secondary Emission Particulate Matter)

เกิดจากปฏิกิริยาต่างๆในบรรยากาศหลังจากที่ฝุ่นถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดได้ระยะหนึ่งฝุ่นประเภทนี้อาจเป็นอนุภาคใหม่หรือเป็นอนุภาคเดิมที่มีองค์ประกอบเพิ่มขึ้น (Pandis et al.,1996a) สารที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ ซัลเฟตไนเตรท และคาร์บอนอินทรีย์ โดยซัลเฟตและไนเตรทในบรรยากาศเกือบทั้งหมดเป็น Secondary Emission โดยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นสารเริ่มต้นปฏิกิริยาของฝุ่นทุติยภูมิ กล่าวคือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อถูกปล่อยสู่บรรยากาศจะถูกออกซิไดซ์เป็นกรดซัลฟูริก ทำให้เริ่มจับตัวเป็นฝุ่นขนาดเล็กจากกระบวนการ Nucleation และเพิ่มขนาดเม็ดจากกระบวนการ Coagulation และ Condensation (Wilson and Suh,1997) ปฏิกิริยาต่างๆ ทั้งในวัฏภาคก๊าซและในกลุ่มเมฆล้วนเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ซัลเฟตจับตัวเป็นเม็ดฝุ่นใหม่ (U.S.EPA., 1996a) และยังมีส่วนทำให้สารอินทรีย์จับกันเป็นเม็ดฝุ่นใหม่เช่นกัน (Organic Aerosol) (Gray et al.,1986; Turpin and Huntzicker, 1991; Hideman et al. 1994) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับของการจับกันเป็นเม็ดฝุ่นใหม่ ได้แก่ ปริมาณของ Precursor สภาพบรรยากาศ และปฏิกิริยาของ Precursor กับอนุภาคฝุ่นที่มีอยู่ในกลุ่มเมฆหรือละอองหมอก

แหล่งที่มาของฝุ่นละออง

แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในอากาศจากการรายงานของ SCEP (The Study of Critical Environment problems) ได้จำแนกแหล่งที่มาของฝุ่นละอองไว้ 3 แหล่งได้แก่

1. แหล่งทั่วไปตามธรรมชาติ ได้แก่

1.1 จากพายุฝุ่นและจากบริเวณทะเลทราย ขนาดของอนุภาคจะมีรัศมีมากกว่า 0.3 ไมครอน

1.2 จากปฏิกิริยาโฟโตเคมีคอลของก๊าซ (Photochemical gas reactions) ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างก๊าซโอโซนในธรรมชาติ และสารไฮโดรคาร์บอนเป็นผลทำให้เกิดอนุภาคที่มีขนาดเล็กๆ ซึ่งรัศมีน้อยกว่า 0.2 ไมครอน

1.3 จากการระเบิดของภูเขาไฟ ซึ่งจะพ่นทั้งฝุ่นละอองและก๊าซ

2. ละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากแหล่งมหาสมุทร ละอองพวกนี้เกิดขึ้นจากละอองของน้ำทะเลที่แพร่กระจายในบรรยากาศแล้วเกิดการระเหยกลายเป็นอนุภาคของเกลือ (Oceanic salt) อนุภาคพวกนี้จะมีรัศมีมากกว่า 0.3 ไมครอน

3. ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์ (Man-made aerosols) คือ

3.1. การคมนาคมขนส่ง ฝุ่นละอองที่เกิดจากการจราจร

3.2. การก่อสร้างหลายชนิด มักมีการเปิดหน้าดินก่อนการก่อสร้าง ซึ่งทำให้เกิดฝุ่นละอองได้โดยง่าย เช่น อาคารสิ่งก่อสร้าง การปรับปรุงสาธารณูปโภค การก่อสร้างอาคารสูงทำให้ฝุ่นละอองของปูนซีเมนต์ถูกลมพัดออกมาจากอาคารหรือถนนทำลายอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง เป็นต้น



3.3. โรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้เชื้อเพลิงเช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน ฟืน แกลบ เพื่อนำพลังงานไปใช้ในกระบวนการผลิตที่มีฝุ่นละอองออกมา เช่น การปั่นฝ้าย การเจียรโลหะ การเคลื่อนย้ายวัสดุดิบ เป็นต้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Estells และคณะ (2003) ได้ทำการเปรียบเทียบค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองที่เมือง Valencia ที่มีความยาวคลื่น 500 nm ของ 2 ฤดู คือ ฤดูร้อน และฤดูหนาว พบว่าในฤดูหนาวมีค่าความลึกเชิงแสงต่ำที่สุดในเดือนมกราคม คือ 0.1 และมีค่าสูงสุดในฤดูร้อน 0.4–0.5 ในเดือนมิถุนายน

Francesco และคณะ (2004) ได้ทำการศึกษาค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองในเดือนมิถุนายน ถึงเดือนตุลาคม ค.ศ. 2001 ที่เมือง South Italy พบว่าค่าความลึกเชิงแสงมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในรอบวัน

K.AL-Jamal (1992) ได้ทำการศึกษาในปี 1990-1997 พบว่าในเดือนตุลาคม ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูร้อน มีค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองมากที่สุด คือ 0.22 แต่มีความถี่เพียง 21% จากข้อมูลทั้งหมดและจากข้อมูลส่วนใหญ่ พบว่าค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองจะน้อยกว่า 0.12

Xiaofeng Xu และคณะ (2015) ได้ทำการศึกษาค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง ในระหว่างปี ค.ศ. 1993-2012 ที่ประเทศจีน ที่เมือง เจิ้งโจว เซียงไฮ้ คุณหมิง ลานซา และหวู่ฮั่น ที่ความยาวคลื่น 750 nm ของ 3 ฤดู ก็คือ ฤดูร้อน ฤดูใบไม้ผลิ และฤดูหนาว จากข้อมูลส่วนใหญ่พบว่าในฤดูใบไม้ผลิมีค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองต่ำที่สุด ที่เมืองลานซา คือ 0.135 และเมืองเจิ้งโจว คือ 0.678

Wilawan Kumharn และคณะ (2015) ได้ทำการศึกษาค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง (กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม) ระหว่างปี ค.ศ. 1997-2011 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร และจังหวัดสงขลา ในประเทศของ 2 ฤดู คือ ฤดูร้อน และ ฤดูฝน พบว่าในฤดูร้อนจะมีค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองที่กรุงเทพมหานครจะสูงกว่าสงขลา

วิธีดำเนินการวิจัย (Research Methodology)

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ข้อมูลค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองรายวัน

กลุ่มตัวอย่าง คือ ข้อมูลค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองรายวันของประเทศมาเลเซีย และประเทศสิงคโปร์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องชั้นโฟโตมิเตอร์ เป็นเครื่องวัดสเปกตรัมของแสง ได้หลายช่วงความยาวคลื่น โดยเครื่องที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นเครื่องรุ่น CE-318 ที่ใช้ในเครือข่าย AERONET (Aerosol Robotic NETwork) ขององค์การนาซา (NASA) คุณสมบัติทั่วไปของเครื่องชั้นโฟโตมิเตอร์มีดังต่อไปนี้

- วัดสเปกตรัมแสงได้ 8 ความยาวคลื่น ได้แก่ 340 nm, 380 nm, 440 nm, 500 nm, 670 nm, 870 nm, 940 nm และ 1020 nm และทำการวัดสามครั้งต่อหนึ่งรอบ

- แต่ละความยาวคลื่นมี Bandwidth ประมาณ 10 nm

- ประกอบด้วยหัววัด และ collimator 2 ชุด คือ sun ซึ่งวัดสเปกตรัมจากดวงอาทิตย์ 8 ความยาวคลื่น และ sky จะวัด sky irradiance 4 ความยาวคลื่น คลื่น ได้แก่ 440 nm, 670 nm, 870 nm และ 1020 nm

- สามารถทำการวัดได้หลายรูปแบบ (Scenario) จึงทำการวัดได้ทั้งค่าความลึกเชิงแสง และคุณสมบัติที่ได้จากการกระเจิงอื่นๆ
- วัดค่าสเปกตรัม และ irradiance ในหน่วยของจำนวนนับต่อเวลา (count/s)
- มี sensor หาดำแหน่งดวงอาทิตย์แบบ 4 quadrant ที่มีความแม่นยำระดับ 0.1 องศา เมื่อมุมของ collimator ห่างจากดวงอาทิตย์ไม่เกิน 6 องศา
- มี Scenario ที่หลากหลาย และง่ายต่อการใช้งาน เช่น GOSUN ให้หาดำแหน่ง และทิศทางการวางที่เหมาะสมที่สุด
- มีระบบตรวจจับเมฆ (เพิ่มโดยองค์การนาซา)
- มีระบบหยุดทำงานในกรณีที่ฝนตก โดยใช้ wet sensor และระบบสั่งหยุดจากสเปกตรัมที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า 50 count/s
- ใช้สายโทรศัพท์ในการเชื่อมโยงส่วนต่างๆ ทำให้สามารถเพิ่มความยาว และออกแบบระบบให้ยืดหยุ่นขึ้นได้
- ใช้แบตเตอรี่ 2 ชุด คือ ชุดสำหรับ control box ขนาดความต่างศักย์ 6V และสำหรับ robot ขนาดความต่างศักย์ 12V
- สามารถประจุแบตเตอรี่ทั้งสองได้จากเซลล์สุริยะกำลังสูง หรือหม้อแปลงไฟฟ้า จึงทำให้ระบบพลังงานหล่อเลี้ยงมีความยืดหยุ่นสูง และไม่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าจากที่อื่นๆ
- มีขนาดกะทัดรัด และน้ำหนักเบา

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

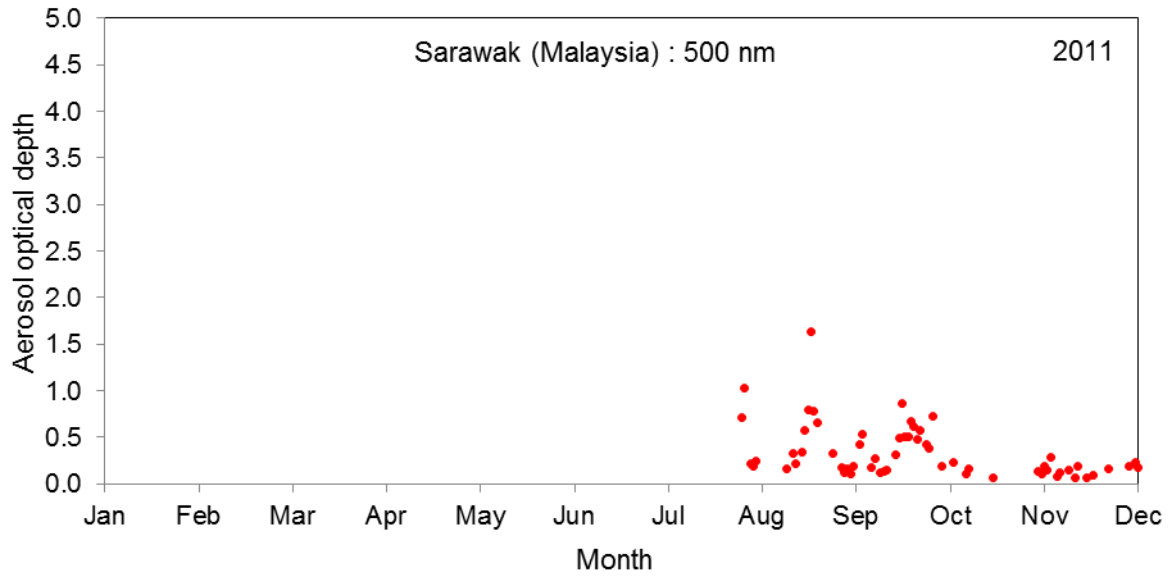
ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้เป็นข้อมูลเกี่ยวกับค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองที่ได้จากเครื่อง sunphotometer ของรัฐปีนัง และรัฐซาราวักสำหรับประเทศมาเลเซีย (ระหว่าง ค.ศ.2011-2017) ประเทศสิงคโปร์ (ค.ศ.2011-2017)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

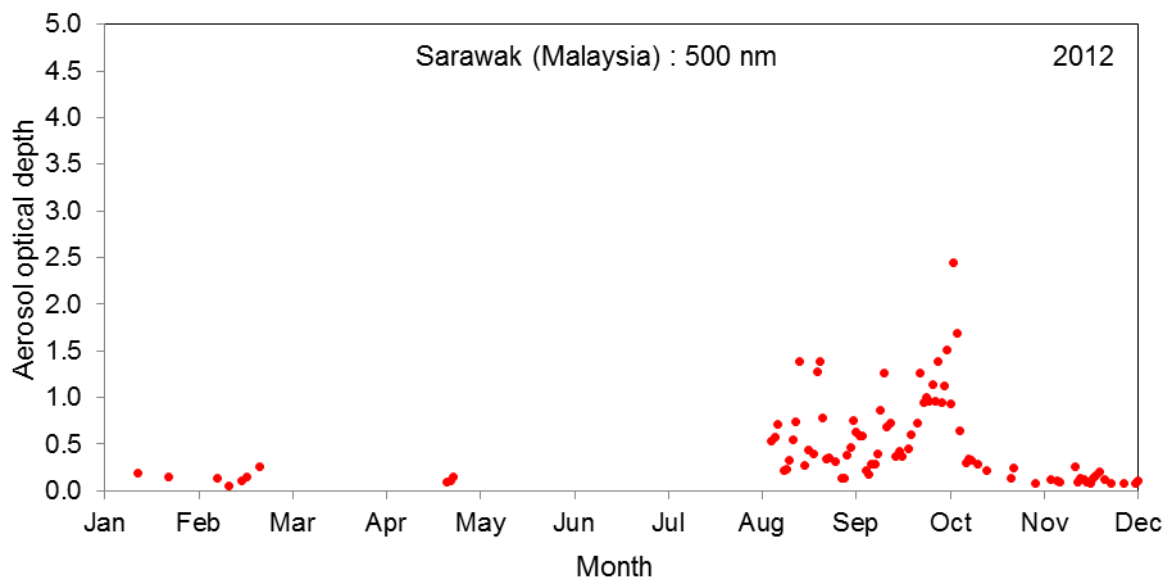
- ผู้วิจัยได้วิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองในรายวัน และรายเดือน
- ทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลของรัฐปีนัง และรัฐซาราวักสำหรับประเทศมาเลเซีย รวมทั้งประเทศสิงคโปร์

ผลการวิจัย (Results)

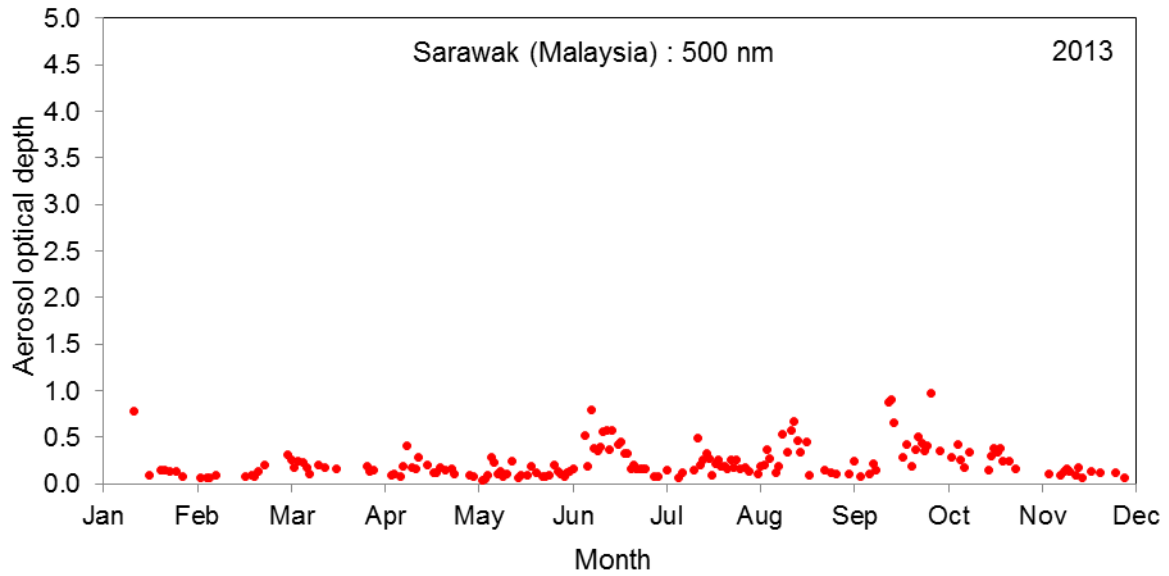
ค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองที่หาได้ตลอดทั้งวันมาเฉลี่ยเป็นค่ารายวันแล้วนำมาเขียนกราฟกับเวลา เนื่องจากค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองที่ใช้เป็นข้อมูลที่ทำการวัดทั้ง 3 สถานี โดยการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณไอน้ำตามฤดูกาลในรอบปีของสถานีรัฐปีนัง รัฐซาราวัก และสิงคโปร์ จะแสดงไว้ในภาพที่ 1-9 และภาพที่ 10 จะแสดงการเปรียบเทียบผลของทั้ง 3 สถานี



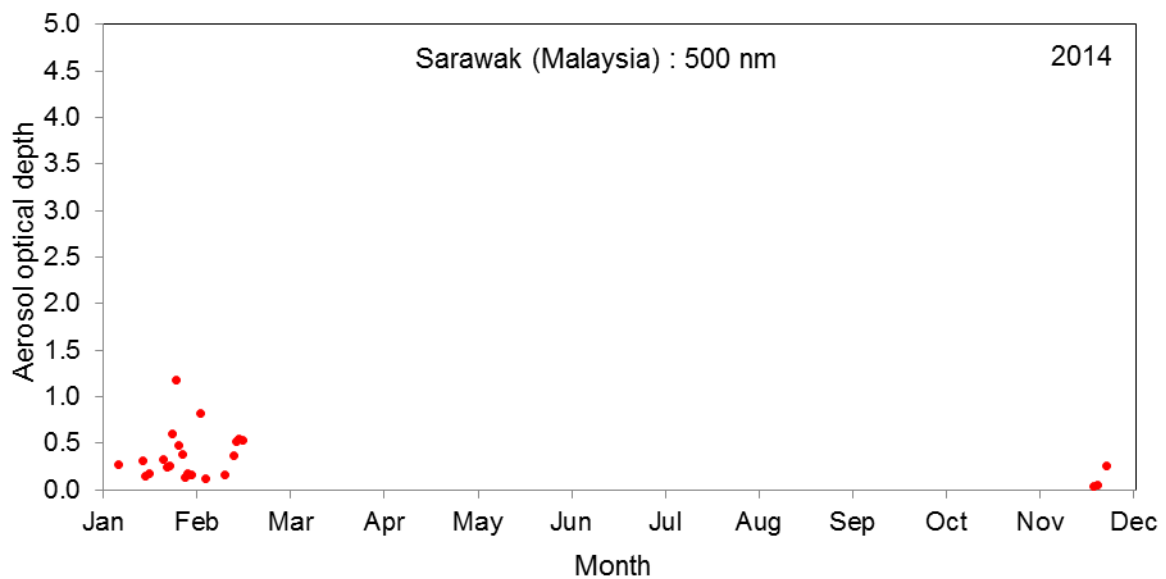
ภาพที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง (AOD) ตามฤดูกาลในรอบปี 2011 ที่สถานีรัฐซาราวัก



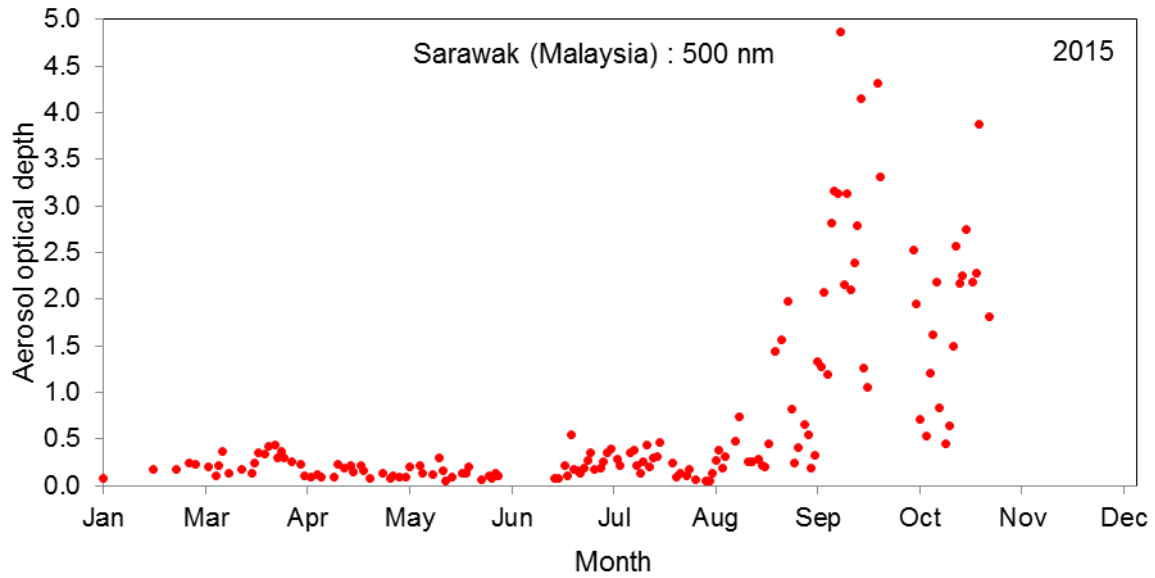
ภาพที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง (AOD) ตามฤดูกาลในรอบปี 2012 ที่สถานีรัฐซาราวัก



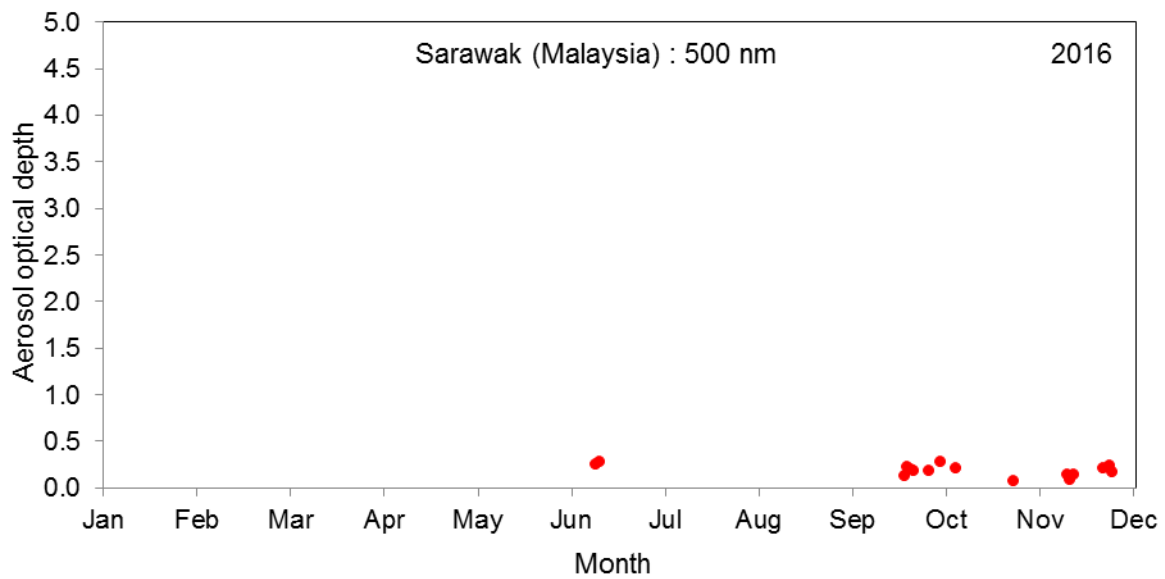
ภาพที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง (AOD) ตามฤดูกาลในรอบปี 2013 ที่สถานีรัฐซาราวัก



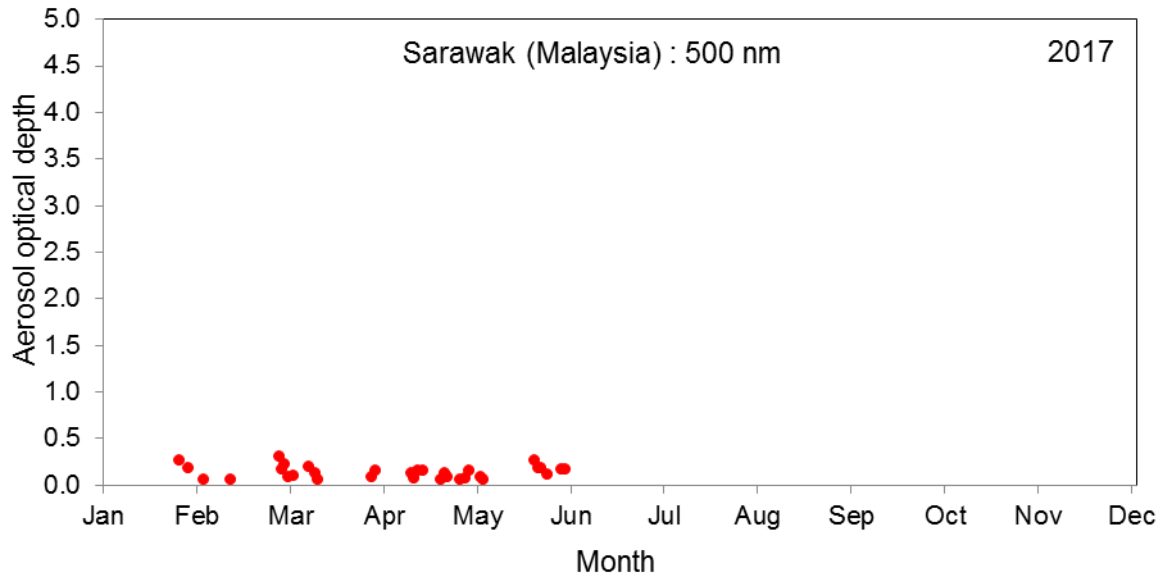
ภาพที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง (AOD) ตามฤดูกาลในรอบปี 2014 ที่สถานีรัฐซาราวัก



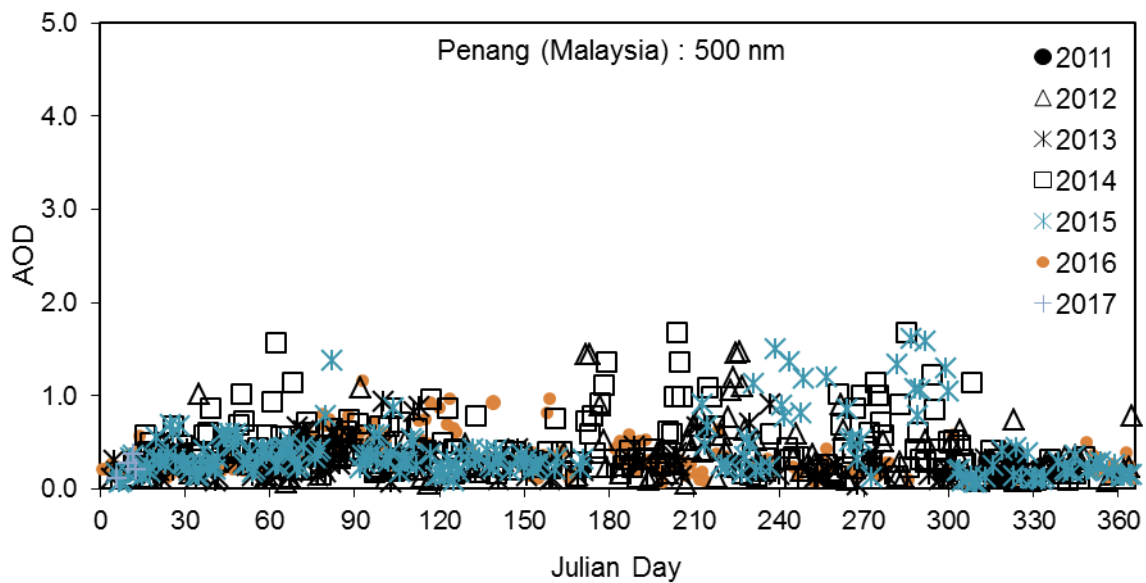
ภาพที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง (AOD) ตามฤดูกาลในรอบปี 2015 ที่สถานีรัฐซาราวัก



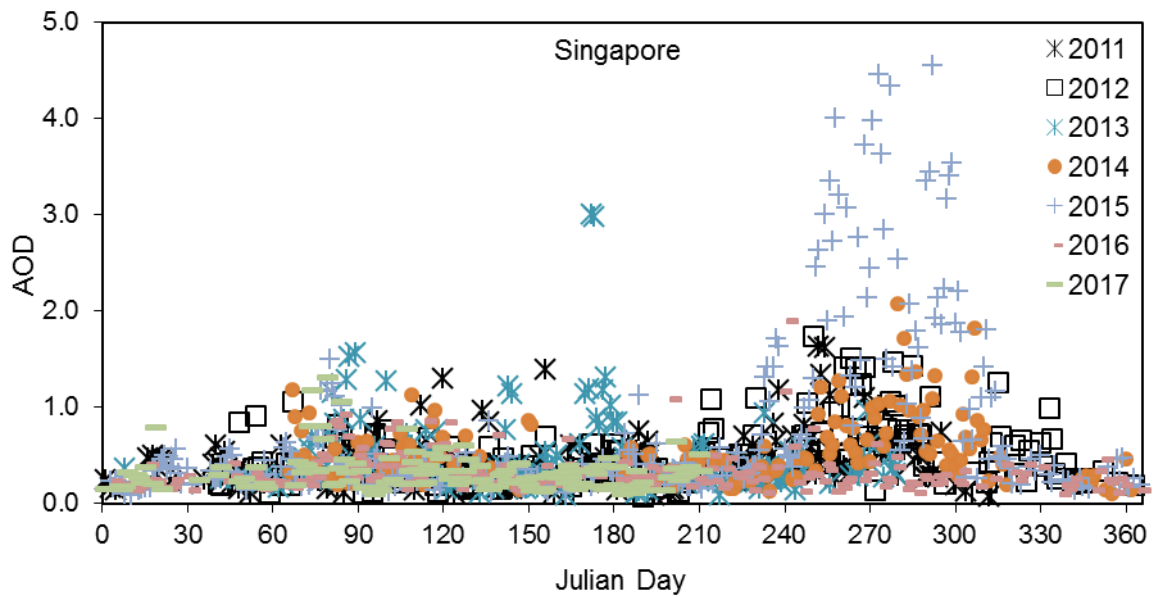
ภาพที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง (AOD) ตามฤดูกาลในรอบปี 2016 ที่สถานีรัฐซาราวัก



ภาพที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง (AOD) ตามฤดูกาลในรอบปี 2017 ที่สถานีรัฐซาราวัก

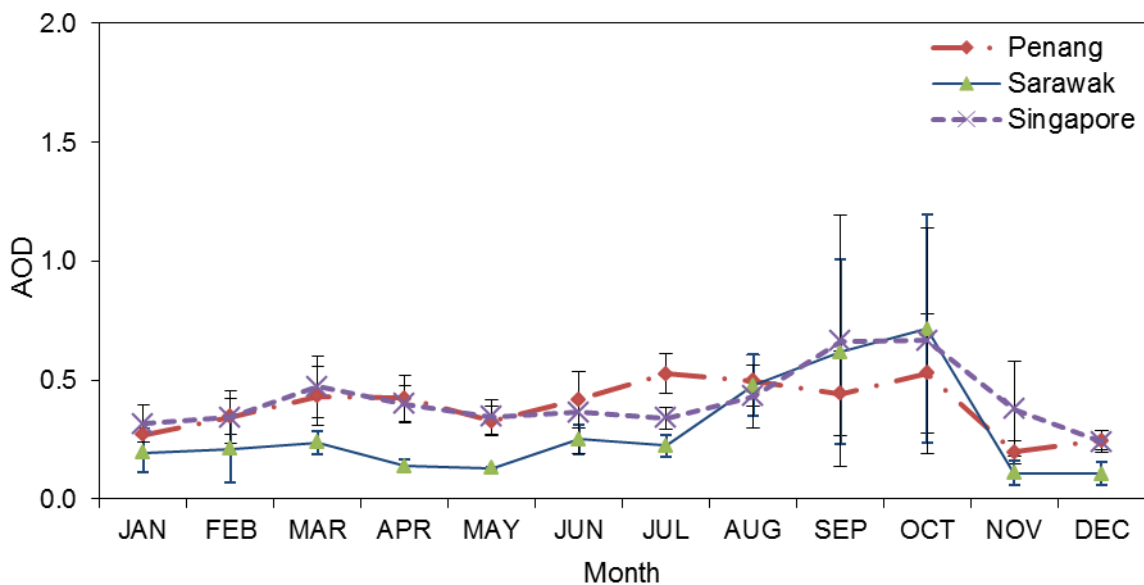


ภาพที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง (AOD) ตามฤดูกาลในรอบปีที่สถานีรัฐปีนัง (2011-2017)



ภาพที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง (AOD) ตามฤดูกาลในรอบปีที่สถานีสิงคโปร์ (2011-2017)

ผู้วิจัยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง ตามเวลาในรอบปีที่สถานีรัฐปิ่นัง รัฐซาราวัก และสิงคโปร์ โดยการนำค่า AOD เฉลี่ยรายวันทั้งหมดมาเขียนกราฟกับเวลา ผลที่ได้แสดงไว้ในภาพที่ 1-9



ภาพที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบผลค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองทั้ง 3 แห่ง

อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

ค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองตามเวลาในรอบปี พบว่าทั้ง 3 สถานี คือ สถานีรัฐปิ่นัง รัฐซาราวัก และสิงคโปร์ ผลการวิเคราะห์พบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในรอบปีของความลึกเชิงแสงที่ 500nm ของทั้ง 3 สถานี มีลักษณะคล้ายกัน

ข้อเสนอแนะ (Recommendation)

เนื่องจากสถานีวัดค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองในบรรยากาศสำหรับประเทศมาเลเซีย และสิงคโปร์ปัจจุบันมีน้อย ดังนั้นผู้วิจัยเสนอแนะให้มีการจัดตั้งสถานีวัดเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อมูลครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศ เพื่อคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในประเทศมาเลเซีย และสิงคโปร์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง (References)

- ภูวกฤต ใจหอม (2553) ความลึกเชิงแสงของละอองลอยที่ขึ้นกับความยาวคลื่นในปี 2546 ณ อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย ปรินญาณินพนธ์ สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- Al-Jamal, K. Aerosol optical depth in Northern Jordan. (1993). Renewable Energy Vol3 , 627-631.
- Chylek, P., Dubey, M. K., Lohmann, U., Ramanathan, V., Kaufman, Y. J., Lesins, G., Hudson, J., Altmann, G. and Olsen, S. (2006). Aerosol indirect effect over the Indian Ocean, Geophysical Research Letter, 33, L06806, doi:10.1029/2005GL025397.
- Dubovik, O. and King, M. D. (2000). A flexible inversion algorithm for retrieval of aerosol optical properties from Sun and sky radiance measurements. J. Geophys. Res., 105, 20, 673-20, 696.
- Estelles, V., Ulvillas, M.P. and Martinez-lozano, J.A. (2003). Aerosol optical depth and related parameters along 2002 in Valencia, A Mediterranean coastal site. The European Aerosol conference 2003, 1127-1128
- Francesco Esocitc, Luigi Leone, Giulia Pavese, Rosa Restieri and Carmine Seric. (2004). Seasonal Variation of aerosols Properties in South Italy: a study on aerosol optical depths, Angstrom turbidity parameters and aerosol size distributions. Atmospheric Environment 38, 1605-1614.
- Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R. (1997). Radiative forcing and climate response. Journal of Geophysical Research 102, 6831-6864.
- IPCC. (2007). Assessment report of the Intergovernment Panel on Climate Change. Climate change, IPCC, Switerland.
- Kaufman Y.J., Tanre, D., Boucher, O. (2002). A satellite view of aerosols in the climate system. Nature 419, 215-223.
- Ramanathan, .V. and Ramana, M.V. (2005). Persistent, widespread and strongly absorbing haze over the Himalayan foothills and the Indo-Ganges plains, pure and Applied Geophysics, 162, 1609-1626.
- Wilawan Kumharn, Sumridh Sudhibrabha and Kesrin Hanprasert. (2015). Aerosol Optical Depth: A study using Thailand based Brewer Spectrophometers. Advances in Space Research 56, 2384-2388.



- Yu, H., Kaufman, Y. J., Chin, M., Feingold, G., Remer, L. A., Anderson, T. L., Balkanski, Y., Bellouin, N., Boucher, O., Chrispher, S. DeCola, P., Kahn, R., Koch, D., Loeb, N., Reddy, M.S. Schulz, M., Takemura, T. and Zhou, M., (2005). A review of measurement-based assessment of aerosol direct radiative effect and forcing, Atmospheric Chemistry and Physics Discussions, 5, 7647-7768.
- Xiaofeng Xu, Jinhuan Qiu, Xiangao Xia, ling sun and Mim Mim. (2015). Characteristics of atmospheric aerosol optical depth variation in China during 1993-2012. Atmospheric Environment 38, 82-94.
- .