



ความสัมพันธ์เชิงปริมาณของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10})
และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ของแต่ละภูมิภาคและฤดูกาล
The quantitative relationships of particulate matter (PM_{10} and $PM_{2.5}$)
in each region and season

กฤษฎาธร ทรัพย์อุไรรัตน์* และ กุลธิดา บรรจงศิริ

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

Kritsadatorn Suburairat* and Kultida Bunjong Siri

School of Health Science, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120

Received: 11 December 2019/ Revised: 20 June 2020/ Accepted: 24 June 2020

บทคัดย่อ

ปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กเป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญอันดับหนึ่งที่เกิดขึ้นในพื้นที่เมือง ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงปริมาณของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ในพื้นที่เมืองของแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลผลการตรวจวัดฝุ่นละอองทั้งสองขนาดในช่วงปี พ.ศ. 2557-2561 จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) จำนวน 8 สถานี ที่ตั้งอยู่ในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า PM_{10} และ $PM_{2.5}$ มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป โดยช่วงฤดูแล้งจะมีปริมาณฝุ่นละอองมากกว่าช่วงฤดูฝน เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า ฝุ่นละอองทั้งสองขนาดมีความสัมพันธ์กัน และช่วงฤดูแล้งมีระดับความสัมพันธ์สูงกว่าช่วงฤดูฝน โดยค่าสัดส่วนของ $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคใต้ จะมีค่าเท่ากับ 0.67, 0.65, 0.64, 0.59 และ 0.45 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนฝุ่นละอองของแต่ละภูมิภาค พบว่าภาคใต้แตกต่างจากทุกภูมิภาค และภาคเหนือแตกต่างจากภาคตะวันออก จากการเปรียบเทียบสัดส่วนฝุ่นละอองระหว่างฤดูกาล พบว่าฤดูแล้งและฤดูฝนมีสัดส่วนฝุ่นละอองแตกต่างกัน โดยสัดส่วนฝุ่นละอองในฤดูแล้งภาคใต้มีค่าสัดส่วนฝุ่นละอองแตกต่างจากภูมิภาคอื่น ขณะที่ฤดูฝนมีเพียงภาคตะวันออกที่มีสัดส่วนฝุ่นละอองไม่แตกต่างกับภูมิภาคอื่น

คำสำคัญ: ความสัมพันธ์เชิงปริมาณ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$)



Abstract

Particulate matter (PM) is the most air pollutant problem in urban areas. The objectives of this research were to determine the quantitative relationships of particles less than or equal to 10 microns (PM_{10}) and 2.5 microns ($PM_{2.5}$) in urban areas in all regions of Thailand. This research used secondary data from both types of particulate matter measurements during 2014–2018 from eight Air Quality Monitoring Stations of the Pollution Control Department (PCD), located in the Northern, North-eastern, Central, Eastern and Southern regions of Thailand. The results showed that the PM_{10} and $PM_{2.5}$ concentrations were within the ambient air quality standard. The concentrations being higher in the dry season than in the rainy season. As a result of a relationship analysis, the concentrations of both $PM_{2.5}$ and PM_{10} particles were interrelated. The relationship being higher during the dry season than during the rainy season. The $PM_{2.5}/PM_{10}$ ratios in the North, the Northeast, the East, the Central, and the South were 0.67, 0.65, 0.64, 0.59 and 0.45, respectively. Regarding regional $PM_{2.5}/PM_{10}$ ratios comparison, the ratio for the South was different from those for other regions; and the North's ratio was different from the East. As for seasonal $PM_{2.5}/PM_{10}$ ratios, they were different in the dry and rainy seasons. During the dry season, the ratio for the South was different from other regions, while the rainy season, only the ratio for the East was not different from those in other regions.

Keywords: Quantitative relationship, PM_{10} , $PM_{2.5}$

บทนำ

มลพิษทางอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของประเทศไทยในปัจจุบัน โดยเฉพาะในเขตพื้นที่เมืองต่าง ๆ ที่มีแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ทั้งจากการคมนาคมขนส่ง การก่อสร้าง โรงงานอุตสาหกรรม การเผาในที่โล่งแจ้ง เป็นต้น ซึ่งจากการรายงานสภาพปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทยโดยกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 เป็นต้นมา พบว่าฝุ่นละออง (particulate matter) เป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญอันดับหนึ่งที่เกิดขึ้นในพื้นที่เมือง

ฝุ่นละอองในบรรยากาศเมื่อเข้าสู่ร่างกายสามารถก่อให้เกิดอาการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจเนื่องจากฝุ่นละอองขนาดเล็กเมื่อเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจแล้วจะสามารถเข้าไปถึงทางเดินหายใจส่วนล่าง (lower respiratory tract) ได้ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาช่วงของ PM_{10} ลงมาพบว่าจะมีฝุ่นละอองขนาดเล็ก (fine particle) หรือ $PM_{2.5}$ ซึ่งเป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กมากสามารถเดินทางเข้าถึงชั้นถุงลมของ

ปอดได้ ดังนั้น $PM_{2.5}$ จึงก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นหยาบ (coarse particle) หรือฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า [1]

ปัจจุบันกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) มีการติดตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ เพื่อเฝ้าระวังผลกระทบด้านคุณภาพอากาศ จำนวน 63 สถานี ครอบคลุมพื้นที่เมืองและพื้นที่ที่มีผลกระทบด้านคุณภาพอากาศในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยรวม 33 จังหวัด โดยในการเฝ้าระวังผลกระทบด้านฝุ่นละอองนั้น กรมควบคุมมลพิษ (คพ.) ได้มีการตรวจวัด PM_{10} (ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537) และ $PM_{2.5}$ (ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554) พบว่าบริเวณริมถนนและในพื้นที่ทั่วไปของกรุงเทพมหานคร และพื้นที่เมืองในต่างจังหวัดของแต่ละภูมิภาค ส่วนใหญ่พบว่าค่า PM_{10} และ $PM_{2.5}$ มีค่าสูงใกล้เคียงมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ และพบว่าการเกินค่ามาตรฐานในบางช่วงเวลา โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาวที่มักจะเกิดปรากฏการณ์สภาพอากาศนิ่งจากแนวความกดอากาศสูงปกคลุมประเทศไทย ทำให้ฝุ่นละอองในบรรยากาศเกิดสะสมตัว

อยู่ในพื้นที่จนมีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ [2]

นอกจากการเฝ้าระวังผลกระทบจากฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อสุขภาพ โดยกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) แล้ว โดยทั่วไปก็จะมีการดำเนินการโดยโครงการหรือกิจการต่าง ๆ ของภาครัฐหรือเอกชนที่จะต้องทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศตามมาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่กำหนดไว้ในรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม หรือรายงานด้านสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ซึ่งที่ผ่านมามาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบด้านคุณภาพอากาศโดยส่วนใหญ่มีเพียงการกำหนดให้ตรวจวัด PM_{10} เพื่อเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพ เนื่องจากปัจจุบันการตรวจวัด $PM_{2.5}$ มีค่าใช้จ่ายประมาณ 10,000 บาทต่อวัน สูงกว่า PM_{10} ที่มีค่าใช้จ่ายประมาณ 1,500 บาทต่อวัน (ค่าใช้จ่ายดังกล่าวยังไม่รวมค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของบริษัทที่ให้บริการตรวจวัด) ซึ่งค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดอาจจะเป็นข้อจำกัดประการหนึ่งที่ทำให้ไม่สามารถตรวจวัด $PM_{2.5}$ ได้ทั้งหมด

แม้ว่าที่ผ่านมาจะมีการศึกษาความสัมพันธ์เชิงปริมาณและหาสัดส่วนของฝุ่นละอองทั้งสองขนาดอยู่บ้างแล้ว แต่เป็นการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตรวจวัดระยะสั้นประมาณ 1 ปี ซึ่งการนำค่าสัดส่วนที่ศึกษาได้ดังกล่าวไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง เช่น การนำไปใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ (health impact assessment) เป็นต้น อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้มาก การวิจัยในครั้งนี้จะทำการศึกษาความสัมพันธ์เชิงปริมาณของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ซึ่งจะทำให้ได้ค่าสัดส่วนของ $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของแต่ละภูมิภาคในแต่ละฤดูกาล มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น และนำไปใช้ประมาณค่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ได้อย่างแม่นยำ เป็นประโยชน์ในการนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงเพื่อการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ หรือวางแผนเฝ้าระวังผลกระทบจากปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กของหน่วยงานด้านสาธารณสุขหรือหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป อย่างไรก็ตามในการวิจัยครั้งนี้มิได้พิจารณาปัจจัยแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง ลักษณะภูมิศาสตร์ อุตุณิยมวิทยา และปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง ของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่เป็นตัวแทนของแต่ละภูมิภาค

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ได้คัดเลือกสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) ที่มีการตรวจวัด PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ต่อเนื่องกัน ในช่วงปี พ.ศ. 2557-2561 จำนวน 8 สถานี (ภาพที่ 1) เพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่เมืองของแต่ละภูมิภาค ดังนี้ ภาคเหนือ จำนวน 1 สถานี ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ (สถานีโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย (36T)) ภาคตะวันออก จำนวน 1 สถานี ได้แก่ จังหวัดขอนแก่น (สถานีส่วนอุทกวิทยา สำนักงานทรัพยากรน้ำภาคที่ 4 (46T)) ภาคตะวันออก จำนวน 1 สถานี ได้แก่ จังหวัดระยอง (สถานีสำนักงานเกษตรจังหวัดระยอง (30T)) ภาคกลาง จำนวน 4 สถานี ได้แก่ กรุงเทพมหานคร (สถานีโรงเรียนบดินทรเดชา (61T) และสถานีการเคหะชุมชนดินแดง (ริมถนนดินแดง) (54T)) จังหวัดสมุทรสาคร (สถานี โรงเรียนสมุทรสาครวิทยาลัย (27T)) และจังหวัดราชบุรี (สถานีสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 (26T)) และภาคใต้ จำนวน 1 สถานี ได้แก่ จังหวัดสงขลา (สถานีเทศบาลนครหาดใหญ่ (44T))

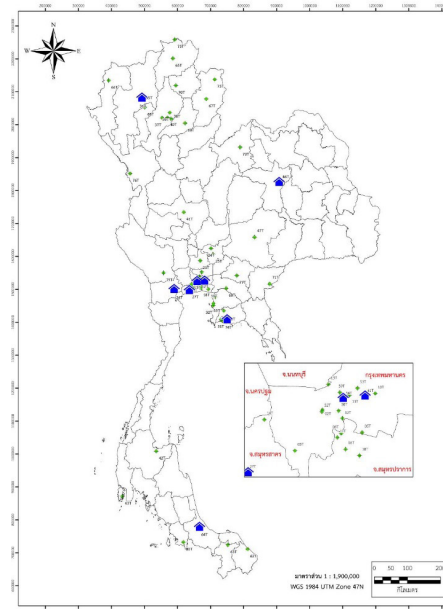
2. การเตรียมข้อมูล

ข้อมูลผลการตรวจวัด PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ของแต่ละสถานี ที่กรมควบคุมมลพิษ (คพ.) ทำการตรวจวัดจะเป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง ซึ่งจะต้องนำข้อมูลรายชั่วโมงดังกล่าวมาทำเป็นข้อมูลรายวัน (เฉลี่ย 24 ชั่วโมง) เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป อย่างไรก็ตามข้อมูลผลการตรวจวัดรายวันที่นำไปทำการวิเคราะห์ จะใช้ข้อมูลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองของวันที่มีความสมบูรณ์ของข้อมูลผลการตรวจวัดมากกว่า 18 ชั่วโมง (ร้อยละ 75) และมีสัดส่วนของฝุ่นละอองน้อยกว่า 1 และนำมาจัดกลุ่ม ดังนี้ (1) ข้อมูลผลการตรวจวัดต่อเนื่อง 5 ปี (2) ข้อมูลผลการตรวจวัดรายปี (3) ข้อมูลผลการตรวจวัดในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน และ (4) ข้อมูลผลการตรวจวัดในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน รายปี สำหรับการแบ่งฤดูกาลของภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคกลาง จะกำหนดให้ “ฤดูแล้ง” เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤศจิกายนถึงกลางเดือนพฤษภาคม (รวมระยะเวลา 6 เดือน) และ “ฤดูฝน” เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึง



กลางเดือนพฤศจิกายน (รวมระยะเวลา 6 เดือน) ส่วนภาคใต้ จะกำหนดให้ “ฤดูแล้ง” เริ่มตั้งแต่กลางเดือนมกราคมถึง กลางเดือนพฤษภาคม (รวมระยะเวลา 4 เดือน) และ “ฤดูฝน” เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนมกราคม (รวม ระยะเวลา 8 เดือน) ทั้งนี้ ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะมีจำนวน ข้อมูล (n) ของผลการตรวจวัด PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ของแต่ละ

สถานีในช่วงปี พ.ศ. 2557-2561 ที่ผ่านการเตรียมข้อมูลแล้ว ดังนี้ ภาคเหนือ มีจำนวนข้อมูล 1,590 ค่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีจำนวนข้อมูล 1,473 ค่า ภาคกลาง มีจำนวน ข้อมูล 5,009ค่า ภาคตะวันออก มีจำนวนข้อมูล 1,473 ค่า และภาคใต้ มีจำนวนข้อมูล 1,158 ค่า



ภาพที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) จำนวน 8 สถานีที่เป็นตัวแทนของแต่ละภูมิภาค

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ภายหลังจากที่ได้มาข้อมูลผลการตรวจวัด PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) จำนวน 8 สถานี ในช่วงปี พ.ศ. 2557-2561 มาเตรียมข้อมูล สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลผลการตรวจวัด ดังกล่าวจะถูกนำมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ (1) วิเคราะห์ ความสัมพันธ์เชิงปริมาณของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ด้วยการหาค่า สหสัมพันธ์อย่างง่าย (simple correlation) และการวิเคราะห์ การถดถอยอย่างง่าย (simple regression analysis) ซึ่งค่า สัมประสิทธิ์การถดถอยดังกล่าวจะเป็นค่าสัดส่วน (Ratio) ของ $PM_{2.5}/PM_{10}$ (2) เปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของแต่ละภูมิภาค ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ทางเดียว (One-Way ANOVA) ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (3) เปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของแต่ละ

ฤดูกาล (ฤดูฝนและฤดูแล้ง) ด้วยการทดสอบความแตกต่างของ ค่ากลางของสองประชากรไม่อิสระ (Paired Sample T-Test) ที่ ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ (4) เปรียบเทียบความแตกต่าง สัดส่วนของ $PM_{2.5}/PM_{10}$ ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ของแต่ละ ภูมิภาค ด้วยการวิเคราะห์ One-Way ANOVA ที่ความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลปริมาณของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ในบรรยากาศทั่วไป ข้อมูลผลการตรวจวัดปริมาณ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ที่เป็นตัวแทนในพื้นที่เมืองของแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2557-2561 ที่ตรวจวัดโดยกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) สรุปผลตรวจวัดดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลปริมาณ PM_{10} ในบรรยากาศของภูมิภาคต่าง ๆ ในประเทศไทย ช่วงปี พ.ศ. 2557-2561

ช่วงเวลา	ค่าต่ำสุด-สูงสุด เฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มคก./ลบ.ม.)		จำนวนวันที่มีค่าเกินมาตรฐานมากที่สุด (ร้อยละ)
	ต่ำสุด	สูงสุด	
ปี 2557-2561	5.83 ภาคกลาง (27T)	322.50 ภาคใต้	4.24 ภาคกลาง (27T)
ฤดูแล้ง (2557-2561)	5.83 ภาคกลาง (27T)	295.96 ภาคเหนือ	8.26 ภาคกลาง (27T)
ฤดูฝน (2557-2561)	7.05 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	322.50 ภาคใต้	0.63 ภาคใต้

ค่ามาตรฐาน * 120 มคก./ลบ.ม.

หมายเหตุ * ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24 (พ.ศ. 2547) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

ตารางที่ 2 ข้อมูลปริมาณ $PM_{2.5}$ ในบรรยากาศของภูมิภาคต่าง ๆ ในประเทศไทย ช่วงปี พ.ศ. 2557-2561

ช่วงเวลา	ค่าต่ำสุด-สูงสุด (มคก./ลบ.ม.)		จำนวนวันที่มีค่าเกินมาตรฐานมากที่สุด (ร้อยละ)
	ต่ำสุด	ต่ำสูงสุด	
ปี 2557-2561	2.67 ภาคกลาง (27T)	256.50 ภาคเหนือ	18.70 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ฤดูแล้ง (2557-2561)	4.13 ภาคตะวันออก	256.50 ภาคเหนือ	33.29 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ฤดูฝน (2557-2561)	2.67 ภาคกลาง (27T)	91.50 ภาคกลาง (27T)	5.16 ภาคกลาง (27T)

ค่ามาตรฐาน * 100 มคก./ลบ.ม.

หมายเหตุ * ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 36 (พ.ศ. 2553) เรื่อง กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนในบรรยากาศโดยทั่วไป

2. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$

2.1 ความสัมพันธ์ของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$

ข้อมูลปริมาณ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่เป็นตัวแทนในพื้นที่เมืองของแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2557-2561 ที่มีแบ่งออกเป็น (ก) ช่วงเวลา 5 ปี (ข) รายปี (ค) ฤดูแล้งและฤดูฝนในช่วงเวลา 5 ปี (ง) ฤดูแล้งและฤดูฝนของแต่ละปี ได้ถูกนำมาคำนวณหาความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองทั้งสองขนาด โดยการ

หาค่าสหสัมพันธ์อย่างง่าย (simple correlation) หรือการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product-moment correlation coefficient) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (coefficient of correlation หรือค่า r ที่ได้จะเป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองทั้งสองขนาดที่ตรวจวัดได้ ทั้งนี้ ค่า r โดยทั่วไปอาจใช้เกณฑ์แบ่งระดับความสัมพันธ์ [3] ดังตารางที่ 3



ตารางที่ 3 เกณฑ์แบ่งระดับความสัมพันธ์ (ค่า r)

ค่า r	ระดับความสัมพันธ์
0.90 - 1.00	มีความสัมพันธ์กันสูงมาก
0.70 - 0.90	มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง
0.50 - 0.70	มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
0.30 - 0.50	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ
0.00 - 0.30	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก

ที่มา : Hinkle และคณะ [3]

การวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่าย จะเป็นการนำปริมาณฝุ่นละอองทั้งสองขนาดที่ตรวจวัดได้ มาสร้างกราฟเพื่อให้ได้สมการถดถอยเชิงเส้น $PM_{2.5} = a + b (PM_{10})$ และทดสอบสมมติฐานว่า PM_{10} มีความสัมพันธ์กับ $PM_{2.5}$ หรือไม่ ทั้งนี้การทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ จะใช้การวิเคราะห์ One-Way ANOVA ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งผลการทดสอบได้ค่านัยสำคัญ (significant) น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า PM_{10} และ $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เพื่อให้ผลการประมาณค่า $PM_{2.5}$ ที่ได้มีค่ามากกว่า 0 มคก./ลบ.ม. จึงได้ปรับเส้น regression line ที่ได้จากการวิเคราะห์ให้ผ่านจุดเริ่มต้น (Origin's point; 0,0) [4]

สำหรับความสัมพันธ์ของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ของแต่ละภูมิภาคในช่วงปี พ.ศ. 2557-2561 และแต่ละฤดูกาลที่วิเคราะห์จากข้อมูลผลการตรวจวัดฝุ่นละออง (n)

แสดงดังตารางที่ 4 มีระดับความสัมพันธ์ (r) สูงถึงสูงมาก โดยในฤดูแล้งมีระดับความสัมพันธ์สูงถึงสูงมาก ส่วนในฤดูฝนมีระดับความสัมพันธ์ปานกลางถึงสูง

2.2 สัดส่วนของ $PM_{2.5}/PM_{10}$

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ที่แสดงดังตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ได้จากสมการถดถอยเชิงเส้นของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่เป็นตัวแทนในแต่ละภูมิภาค มีค่าแตกต่างกันไป อันเนื่องมาจากกิจกรรมที่ก่อให้เกิดฝุ่นละออง ลักษณะภูมิศาสตร์ และปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองของแต่ละพื้นที่ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยดังกล่าวจะเป็นค่าสัดส่วน (ratio) ของ $PM_{2.5}/PM_{10}$ ซึ่งในแต่ละภูมิภาคและแต่ละฤดูกาลจะมีค่าสัดส่วนของ $PM_{2.5}/PM_{10}$ แสดงดังตารางที่ 5

**ตารางที่ 4** สรุปความสัมพันธ์ของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ของแต่ละภูมิภาคในช่วงปี พ.ศ. 2557-2561

ภาค	ปี พ.ศ. 2557-2561	สมการถดถอย	n	r	ความสัมพันธ์
ภาคเหนือ	ช่วงเวลารวม	$y = 0.6744x$	1,590	0.9354	สูงมาก
	ฤดูแล้ง	$y = 0.7202x$	809	0.9509	สูงมาก
	ฤดูฝน	$y = 0.4565x$	781	0.7005	สูง
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ช่วงเวลารวม	$y = 0.6536x$	1,423	0.9601	สูงมาก
	ฤดูแล้ง	$y = 0.6709x$	800	0.9524	สูงมาก
	ฤดูฝน	$y = 0.5603x$	623	0.8988	สูง
ภาคกลาง	ช่วงเวลารวม	$y = 0.6390x$	5,009	0.9419	สูงมาก
	ฤดูแล้ง	$y = 0.6647x$	2,423	0.9435	สูงมาก
	ฤดูฝน	$y = 0.5725x$	2,586	0.8981	สูง
ภาคตะวันออก	ช่วงเวลารวม	$y = 0.5901x$	1,473	0.8304	สูง
	ฤดูแล้ง	$y = 0.649x$	694	0.8617	สูง
	ฤดูฝน	$y = 0.4867x$	779	0.6893	ปานกลาง
ภาคใต้	ช่วงเวลารวม	$y = 0.4511x$	1,158	0.8165	สูง
	ฤดูแล้ง	$y = 0.4712x$	419	0.8563	สูง
	ฤดูฝน	$y = 0.4404x$	739	0.7975	สูง
รวมทุกภูมิภาค	ช่วงเวลารวม	$y = 0.6321x$	10,617	0.9291	สูงมาก
	ฤดูแล้ง	$y = 0.6705x$	5,125	0.9414	สูงมาก
	ฤดูฝน	$y = 0.5283x$	5,492	0.8452	สูง

ตารางที่ 5 สัดส่วน (ratio) ของ $PM_{2.5}/PM_{10}$ ในแต่ละภูมิภาคและแต่ละฤดูกาล

ภาค	ตลอดทั้งปี	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
ภาคเหนือ	0.67	0.72	0.46
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	0.65	0.67	0.56
ภาคกลาง	0.64	0.66	0.57
ภาคตะวันออก	0.59	0.65	0.49
ภาคใต้	0.45	0.47	0.44
ทุกภูมิภาค	0.63	0.67	0.53



2.3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของแต่ละภูมิภาค

การเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่เป็นตัวแทนของแต่ละภูมิภาค ช่วงเวลา 5 ปี (ปี พ.ศ. 2557-2561) จะเป็นการทดสอบสมมติฐานโดยใช้การวิเคราะห์ One-Way ANOVA ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($\alpha = 0.05$) ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ $F = 8.945$ และมีความนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05 สรุปได้ว่าสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของแต่ละภูมิภาคมีอย่างน้อย 1 ภาค มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งจากการทดสอบ Post Hoc Test โดยวิธีการเปรียบเทียบ Multiple comparison แบบ Least - Significant Different (LSD) มีผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ พบว่า ภาคใต้มีค่าเฉลี่ยสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ แตกต่างจากทุกภาคอย่างมีนัยสำคัญ และภาคเหนือมีค่าเฉลี่ยสัดส่วนฝุ่นละอองแตกต่างจากภาคตะวันออกเฉียงเหนืออย่างมีนัยสำคัญ

2.4 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของแต่ละฤดูกาล

(1) การเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของแต่ละฤดูกาล ในช่วงเวลา 5 ปี (ปี พ.ศ. 2557-2561) จะเป็นการทดสอบสมมติฐานโดยใช้การทดสอบ Paired Sample T-Test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งผลการทดสอบสถิติ T-Test = 7.005 และมีความนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05 สรุปได้ว่าสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของฤดูแล้งและฤดูฝน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

(2) การเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของแต่ละภูมิภาค ในช่วงฤดูแล้งในช่วงเวลา 5 ปี (ปี พ.ศ. 2557-2561) จะเป็นการทดสอบสมมติฐานโดยใช้การวิเคราะห์ One-Way ANOVA ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ $F = 9.644$ และมีความนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05 สรุปได้ว่าสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ในช่วงฤดูแล้งของแต่ละภูมิภาคมีอย่างน้อย 1 ภาค มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งจากการทดสอบ Post Hoc Test โดยวิธีการเปรียบเทียบ multiple comparison แบบ LSD มีผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ พบว่า ภาคใต้มีค่าเฉลี่ยสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ในช่วงฤดูแล้งแตกต่างจากภูมิภาคอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ

(3) การเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของแต่ละภูมิภาค ในช่วงฤดูฝนในช่วงเวลา 5 ปี (ปี 2557-2561) จะเป็นการทดสอบสมมติฐานโดยใช้การวิเคราะห์ One-Way ANOVA ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ $F = 4.011$ และมีความนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05 สรุปได้ว่าสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ในช่วงฤดูฝนของแต่ละภูมิภาคมีอย่างน้อย 1 ภาค มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งจากการทดสอบ Post Hoc Test โดยวิธีการเปรียบเทียบ multiple comparison แบบ LSD มีผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ พบว่า ภาคตะวันออกมีค่าเฉลี่ยสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ในช่วงฝนไม่แตกต่างจากภูมิภาคอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

1. ปริมาณ PM_{10} และ $PM_{2.5}$

ข้อมูลปริมาณ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่เป็นตัวแทนในพื้นที่เมืองของแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยที่ตรวจวัดโดยกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) ในช่วง ปี พ.ศ. 2557-2561 โดยส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป และปริมาณของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ในช่วงฤดูแล้งจะสูงกว่าฤดูฝน

2. ความสัมพันธ์ของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$

จากข้อมูลผลการตรวจวัด PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ในช่วงเวลา 5 ปี (ปี พ.ศ. 2557-2561) และในข้อมูลช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนของแต่ละปีของทุกสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศพบว่า มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ โดยในช่วงเวลาตลอดทั้งปี และช่วงฤดูแล้งของแต่ละปีมีความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองทั้งสองขนาดมีระดับสูงถึงสูงมาก ส่วนช่วงฤดูฝนมีความสัมพันธ์ระดับปานกลางถึงสูง ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ และสอดคล้องกับผลการวิจัยของรพีพัฒน์ [5] ที่ศึกษาองค์ประกอบธาตุใน $PM_{2.5}$ ในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า $PM_{2.5}$ และ PM_{10} มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก

สำหรับค่าสัดส่วนของ $PM_{2.5}/PM_{10}$ ของแต่ละภูมิภาคในช่วงเวลารวม มีค่าอยู่ในช่วง 0.45-0.67 ในฤดูแล้ง



เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนของแต่ละภูมิภาค พบว่าในช่วงฤดูแล้งภาคใต้จะมีค่าเฉลี่ยสัดส่วนของฝุ่นละอองแตกต่างจากภูมิภาคอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากภาคใต้มีฝนตกชุกมากในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม ทำให้ภาคใต้มีช่วงฤดูแล้งประมาณ 4 เดือน ซึ่งมีระยะเวลาสั้นกว่าภูมิภาคอื่น ๆ ที่มีช่วงฤดูแล้งประมาณ 6 เดือน ในขณะที่ช่วงฤดูฝน ภาคเหนือและภาคใต้มีสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ แตกต่างจากภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนืออย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจากจำนวนวันและระยะเวลาที่ฝนตกในแต่ละภูมิภาคแตกต่างกัน จึงทำให้สัดส่วนของฝุ่นละอองของแต่ละภูมิภาคแตกต่างกัน



ทั้งนี้ข้อเสนอแนะที่สำคัญในงานวิจัยนี้สรุปดังนี้

(1) การนำค่าสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ไปใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพหรือวางแผนเฝ้าระวังผลกระทบจากปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก ควรใช้ค่าสัดส่วนฝุ่นละอองในฤดูแล้ง เนื่องจากในช่วงเวลาตลอดทั้งปี ฤดูแล้งมีสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ สูงสุด

(2) การศึกษาครั้งต่อไปควรมีการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{10} และ $PM_{2.5}$ และ/หรือเปรียบเทียบสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ กับปัจจัยแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง ลักษณะภูมิศาสตร์ อุตุณิยมวิทยา และปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง

กิจกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. นิตยา วัจนะภูมิ, นันทวรรณ วิจิตรวาทการ, พงศ์เทพ วิวรรณะเดช, วิชัย เอกพลากร, เพ็ญศรี วัจนละญาณ, นเรศ เชื้อสุวรรณ และคณะ. โครงการศึกษาแหล่งกำเนิดและแนวทางการจัดการฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ; 2548.
2. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. รายงานสรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2561. กรุงเทพฯ: หจก. สมงคลการพิมพ์; 2562.
3. Hinkle DE, Wiersma W, Jurs SG. Applied statistics for the behavior sciences. 4th ed. New York: Houghton Mifflin; 1998.
4. Phirata C. Relationships on quantitative and measurement of TSP and PM_{10} . Master's thesis, Mahidol University. Bangkok; 2005.
5. รพีพัฒน์ เกริกไกรวัล. องค์ประกอบธาตุในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม (สหสาขาวิชา), บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ; 2543.
6. สมพงษ์ เลิศพัฒน์พิศุทธิ์. การกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 และ 10 ไมครอน บริเวณสถานีรถไฟฟ้า กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม (สหสาขาวิชา), บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ; 2547.
7. ขจรศักดิ์ โสภากาจารย์, เพชร เพ็งชัย. โครงการการสำรวจปริมาณฝุ่นในอากาศภายในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน. เชียงใหม่: สัญญาเลขที่ RDG4830010 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.); 2550.
8. นเรศ เชื้อสุวรรณ, สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา, สุรัตน์ เพชรเกษม, อมรพล ช่างสุพรรณ, ชนินทร์ เลิศคณาวินชกุล, อรุณ คงแก้ว และคณะ. การศึกษาหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาดเล็ก 10 และ 2.5 ไมครอน ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ: สัญญาเลขที่ RDG4530001 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.); 2552.
9. ธัญภัสสร ท่องเย็น. การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในฝุ่นละอองแต่ละขนาดในพื้นที่กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ; 2552.
10. ศิวรินทร์ ดวงแก้ว. องค์ประกอบคาร์บอนในบรรยากาศทั่วไปในเมืองกรุงเทพมหานครบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ; 2555.